



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



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

O JOGO DE TABULEIRO NA APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA
PARA ALUNOS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

MAX SAMUEL SANTOS SILVA

TERESINA

2024

MAX SAMUEL SANTOS SILVA

**O JOGO DE TABULEIRO NA APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA
PARA ALUNOS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física — MNPEF, Polo 26, da Universidade Federal do Piauí — UFPI, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito

TERESINA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Piauí

Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

Divisão de Representação da Informação

S586j

Silva, Max Samuel Santos.

O jogo de tabuleiro na aprendizagem de óptica geométrica para alunos com transtorno do espectro autista (TEA) / Max Samuel Santos Silva. -- 2024.

142 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2024.

“Orientador: Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito”

1. Inclusão educacional. 2. Óptica geométrica. 3. Transtorno do Espectro Autista (TEA). 4. Jogo de tabuleiro. 5. Ensino de Física. I. Brito, Valdemiro da Paz. II. Título.

CDD 371.904 6

Elaborado por Fabíola Nunes Brasilino - CRB-3/1014

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

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MAX SAMUEL SANTOS SILVA

Às nove horas do dia dezesseis de setembro de dois mil e vinte e quatro, reuniu-se no Auditório do Departamento de Física da UFPI, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada **"O JOGO DE TABULEIRO NA APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA ALUNOS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)"** do discente Max Samuel Santos Silva, composta pelos professores doutores Valdemiro da Paz Brito (Orientador, UFPI), Hilda Mara Lopes Araújo (MNPEF-UFPI), Cláudia Adriana Sousa Melo (MNPEF-UFPI), José Pimentel de Lima (PPGF-UFPI) e Eduardo Costa Girão (PPGF-UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Valdemiro da Paz Brito, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa pelo discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato pelo aluno. Logo após a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado **APROVADO**, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG no prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução Nº189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 16 de setembro de 2024.

Prof. Valdemiro da Paz Brito Valdemiro da Paz Brito

Profa. Hilda Mara Lopes Araújo Hilda Mara Lopes Araújo

Profa. Cláudia Adriana de Sousa Melo Cláudia A.S. Melo

Prof. José Pimentel de Lima José Pimentel de Lima

Prof. Eduardo Costa Girão Eduardo Costa Girão

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por ter me guiado e fortalecido durante toda a jornada do Mestrado em Física. Cada obstáculo superado e cada conhecimento adquirido foram possíveis graças à Sua graça e proteção. Sou profundamente grato por ter tido a oportunidade de concluir essa etapa tão importante da minha vida.

Sou grato à minha família, Roseane de Sousa Sales Silva e Alexandre Maximus Sales Silva, por sempre me motivarem a seguir em frente. Graças ao incentivo de vocês, encontrei a força necessária para superar todos os desafios e concluir o mestrado. Agradeço por acreditarem em mim.

Agradeço ao meu cunhado, Jardel Sena Pinho, por ter sido um grande incentivador neste projeto. Seu apoio, direto e indireto contribuiu significativamente para o sucesso deste trabalho.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa e promoção do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em conjunto com Instituições de Ensino Superior (IES).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Ao Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito, meu orientador, pela paciência, orientação e disposição, sempre compartilhando todo o seu conhecimento teórico-científico, e pela motivação que me proporcionou acerca da pesquisa científica.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. José Pimentel de Lima, pela confiança em meu potencial. As oportunidades concedidas e a ajuda constante foram essenciais para o meu progresso.

Aos professores do MNPEF/UFPI, por todo o esforço em transmitir e compartilhar seus conhecimentos, que contribuíram para minha formação.

RESUMO

A dissertação "O Jogo de Tabuleiro na Aprendizagem de Óptica Geométrica para Alunos com Transtornos do Espectro Autista (TEA)" justifica-se pela necessidade de promover inclusão no ensino de Física, especificamente para estudantes com Transtorno do Espectro Autista. A pesquisa desenvolve e utiliza o Jogo de Tabuleiro FisMax, fundamentado na teoria sociocultural de Vygotsky, com o intuito de adaptar o conteúdo de Óptica Geométrica de maneira acessível e envolvente, contribuindo com práticas pedagógicas inclusivas. O objetivo principal é investigar o uso do jogo para facilitar o aprendizado de Óptica Geométrica em alunos com TEA, identificando as suas necessidades de aprendizagem, desenvolvendo um jogo adaptado para mediar o ensino e avaliando sua eficácia. Além disso, o estudo visa compreender as barreiras conceituais enfrentadas pelos alunos e propor soluções inclusivas para superar esses desafios no contexto do ensino de Física. A metodologia empregada é qualitativa, centrada no desenvolvimento e aplicação do jogo FisMax em sala de aula, observando o impacto no aprendizado e coletando *feedbacks* sobre as interações dos alunos com o conteúdo. Os principais resultados indicam que o jogo contribuiu para o aumento do engajamento e da participação ativa dos alunos, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica e facilitando a interação social. O ambiente inclusivo proporcionado pelo jogo ajudou a superar barreiras relacionadas ao Transtorno do Espectro Autista. Conclui-se que o jogo foi eficaz na promoção do aprendizado, oferecendo uma abordagem pedagógica inclusiva e adaptada, que estimula o engajamento, a interação social e a autonomia dos alunos. O estudo demonstra que o uso do FisMax é uma estratégia importante para o ensino de Física a alunos com TEA, favorecendo a compreensão e o desenvolvimento das habilidades acadêmicas e sociais no contexto educacional.

Palavras-chave: Inclusão educacional; Óptica geométrica; Transtorno do Espectro Autista (TEA); Jogo de tabuleiro; Ensino de Física.

ABSTRACT

The dissertation "The Board Game in the Learning of Geometric Optics for Students with ASD" is justified by the need to promote inclusion in Physics education, specifically for students with Autism Spectrum Disorder. The research develops and utilizes the board game FisMax, based on Vygotsky's sociocultural theory, with the aim of adapting Geometric Optics content in an accessible and engaging way, contributing to inclusive pedagogical practices. The main objective is to investigate the use of the game to facilitate the learning of Geometric Optics in students with ASD, identifying their learning needs, developing an adapted game to mediate teaching, and evaluating its effectiveness. Additionally, the study aims to understand the conceptual barriers faced by students and propose inclusive solutions to overcome these challenges in the context of Physics education. The methodology employed is qualitative, focusing on the development and application of the FisMax game in the classroom, observing its impact on learning, and collecting feedback on the students' interactions with the content. The main results indicate that the FisMax game contributed to increased engagement and active participation of the students, promoting better understanding of the concepts of Geometric Optics and facilitating social interaction. The inclusive environment provided by the game helped overcome barriers related to Autism Spectrum Disorder. It is concluded that the game was effective in promoting learning, offering an inclusive and adapted pedagogical approach that stimulates student engagement, social interaction, and autonomy. The study demonstrates that the use of FisMax is a valuable strategy for teaching Physics to students with ASD, favoring the understanding and development of academic and social skills in the educational context.

Keywords: Educational inclusion; Geometric optics; Autism Spectrum Disorder (ASD); Board game; Physics education

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).....	18
Figura 2: Um Ponto Objeto colocado em P, do qual irradiam raios luminosos em todas as direções que alcançam o observador.	27
Figura 3: Raios de luz vindos do objeto em P são refletidos em um espelho plano, criando a impressão de que vêm do ponto imagem P'.....	28
Figura 4: Os raios de luz provenientes do ponto objeto P são refratados na interface plana, dando a ilusão de que estão vindos do ponto imagem P' quando chegam ao olho.	30
Figura 5: Formação da imagem em um espelho plano	31
Figura 6a: Espelho plano	33
Figura 6b: Interface refratora plana	33
Figura 7: Determinando a altura da imagem em uma superfície plana refletora.....	34
Figura 8: Característica da imagem em um espelho plano	35
Figura 9: Reflexões sucessivas no espelho plano.....	36
Figura 10a: formação de uma imagem real em um espelho côncavo.....	37
Figura 10b: Aproximação paraxial no espelho côncavo	37
Figura 11: Formação da imagem para determinar a posição do ponto imagem P'	41
Figura 12a: Lentes com raios convergindo para o foco F2	44
Figura 12b: Lentes com raios divergindo do foco F1	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ampliando novos conceitos de Óptica Geométrica com adição de novos tópicos.	59
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Respostas dos Alunos à Questão 1 do Teste Inicial: Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física?	66
Quadro 2: Respostas dos Alunos à Questão 2 do Teste Inicial: O professor de Física oferece atividades alternativas de acordo com as suas necessidades? Se sim, quais são essas atividades? Se não, por que não?	68
Quadro 3: Respostas dos Alunos a Questão 3 do Teste Inicial: Quais são as medidas que poderiam ser adotadas para aprimorar o ensino para pessoas com Transtorno do Espectro Autista?	70
Quadro 4: Respostas dos Alunos à Questão 4 do Teste Inicial: Você já teve contato com o conteúdo de Óptica Geométrica? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esse assunto?..	72
Quadro 5: Respostas dos Alunos a Questão 5 do Teste Inicial: Quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de Óptica Geométrica?	73
Quadro 6: Respostas dos Alunos à Questão 6 do Teste Inicial: Você já estudou sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes? Se sim, quais foram os principais conceitos que você absorveu desses temas?	75
Quadro 7: Respostas dos Alunos a Questão 1 do Teste Final: A aula apresentada proporcionou conhecimentos além dos já adquiridos? Quais?.....	76
Quadro 8: Respostas dos Alunos à Questão 2 do Teste final: Em sua opinião, qual a utilidade do material didático para a compreensão do assunto Óptica Geométrica? A qualidade foi satisfatória para você?	78
Quadro 9: Respostas dos Alunos à Questão 3 do Teste final: Explique, com suas palavras, o que você entendeu sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes?	79
Quadro 10: Respostas dos Alunos à Questão 4 do Teste final: Você consegue relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado?	81
Quadro 11: Respostas dos Alunos à Questão 5 do Teste final: Você possui alguma sugestão, crítica ou alguma proposta para melhorar a aula ministrada?	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados da Questão 1 do Teste Inicial: Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física?	53
Gráfico 2: Resultados da Questão 2 do Teste Inicial: O professor de Física oferece atividades alternativas de acordo com as suas necessidades? Se sim, quais são essas atividades? Se não, por que não?	54
Gráfico 3: Resultados da Questão 3 do Teste Inicial: Em sua opinião, quais são as medidas que poderiam ser adotadas para aprimorar o ensino para pessoas com Transtorno do Espectro Autista?	55
Gráfico 4: Resultados da Questão 4 do Teste inicial: Você já teve contato com o conteúdo de Óptica Geométrica? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esse assunto?	56
Gráfico 5: Resultados da Questão 5 do Teste inicial: Quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de Óptica Geométrica?	57
Gráfico 6: Resultados da Questão 6 do Teste inicial: Você já estudou sobre espelho plano, espelho esférico e lente? Se sim, quais foram os principais conceitos que você absorveu desses temas?.....	58
Gráfico 7: Resultados da Questão 1 do Teste Final: A aula apresentada proporcionou conhecimentos além dos já adquiridos? Quais?.....	59
Gráfico 8: Resultados da Questão 2 do Teste Final: Em sua opinião, qual a utilidade do material didático para a compreensão do assunto Óptica Geométrica? A qualidade foi satisfatória para você?	60
Gráfico 9: Resultados da Questão 3 do Teste Final: Explique, com suas palavras, o que você entendeu sobre espelho plano, espelho esférico e lentes?	61
Gráfico 10: Resultados da Questão 4 do Teste Final: Você conseguiu relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado?.....	62
Gráfico 11: Resultado da Questão 5 do Teste Final: Você possui alguma sugestão, crítica ou alguma proposta para melhorar a aula ministrada?	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Teoria da Aprendizagem segundo Lev Vygotsky	15
2.2	Elementos mediadores: instrumentos e signos	16
2.3	Interação Social	17
2.4	Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	18
2.5	Mediação no Contexto do Jogo de Tabuleiro	19
2.6	Fundamentos legais e históricos da educação inclusiva no Brasil	20
2.7	Ambientes inclusivos no Jogo de Tabuleiro	23
3	CONCEITOS FÍSICOS SOBRE ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	26
3.1	Reflexão e Refração em Superfícies Planas	26
3.1.1	Formação de imagens com espelhos planos.....	30
3.1.2	Imagem de um objeto extenso: espelho plano.....	34
3.2	Reflexão e Refração em uma Superfície Esférica	37
3.2.1	Foco e distância focal	40
3.3	Refração em uma Superfície Esférica	41
3.4	Lentes Delgadas	43
3.5	Câmeras	45
3.6	O Olho Humano	45
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
4.1	Caracterização da Pesquisa	47
4.2	Participantes da Pesquisa	48
4.3	Técnicas, Instrumentos de Produção e Coleta de Dados	50
4.4	Procedimentos de Análise de Dados	51
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52

5.1	Resultados e Discussões Preliminares com a Turma Regular	52
5.1.1	Análise das respostas do teste inicial	52
5.1.2	Análise das respostas do teste final	58
5.1.3	Análise do impacto positivo do Jogo de Tabuleiro na compreensão da óptica geométrica	64
5.2	Resultados e Discussões Preliminares dos Alunos com TEA	66
5.2.1	Análise das contribuições do Jogo de Tabuleiro	83
5.3	Análise Acadêmica e Emocional dos Resultados com Alunos com (Típicose atípicos) TEA e Regulares.....	84
5.3.1	Reflexão sobre a experiência com o Jogo de Tabuleiro	85
5.3.2	Conquistas e aprendizados	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A: TESTE INICIAL	93
	APÊNDICE B – TESTE FINAL	94
	APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL	95

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação visa explorar o desenvolvimento e a aplicação de um recurso didático, destinado a orientar os docentes do segundo ano do Ensino Médio na utilização do jogo de tabuleiro denominado “FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica” ou simplesmente “FisMax”. Este recurso educacional foi elaborado para atender, especialmente, às demandas específicas dos alunos portadores do Transtorno do Espectro Autista (TEA), representando uma ferramenta que une o universo da Óptica Geométrica a uma abordagem pedagógica lúdica e inclusiva.

O FisMax é um jogo de tabuleiro que se configura como uma experiência educacional, que guia os discentes por um ambiente repleto de desafios e descobertas relacionados à Óptica Geométrica. Neste cenário interativo, os estudantes assumem a condição de protagonistas, conduzindo suas próprias explorações e imergindo profundamente em conceitos complexos. Tudo isso é realizado dentro de um contexto pedagógico envolvente e acessível, que promove de maneira inegável o estímulo à aprendizagem.

O jogo se desenvolveu nos princípios da inclusão e do desafio educacional. Os alunos com TEA foram voluntariamente convidados a imersão em um ambiente que não apenas estimula, mas também realça suas habilidades únicas, com o hiperfoco dando atenção aos detalhes; memória visual; resolução de problemas de maneira metódica e analítica; padronização e organização; pensamento lógico e interesse intenso, nutrindo a colaboração, à resolução de enigmas e o exercício do pensamento crítico. Por meio de desafios cuidadosamente adaptados e estratégias moldadas sob medida, o FisMax estabelece um ambiente, onde todos os discentes são livres para explorar os segredos da Óptica Geométrica em consonância com seu próprio ritmo e estilo de aprendizagem.

A questão central desta pesquisa reside na necessidade pertinente de desenvolver métodos educacionais para alunos com TEA, uma vez que enfrentam desafios singulares em seu processo de aprendizagem, especialmente no contexto da Óptica Geométrica.

Nesse sentido, surge a questão: como abordar de forma efetiva os conceitos complexos deste conteúdo, proporcionando uma experiência educacional inclusiva e enriquecedora para esse grupo de estudantes?

Partindo da hipótese de que a utilização do Jogo de Tabuleiro FisMax pode proporcionar um ambiente educacional adaptado e acessível, onde os estudantes com TEA possam desenvolver suas habilidades de forma autônoma, colaborativa e, ao mesmo tempo,

explorar os conceitos da Óptica Geométrica, postulamos que a implementação deste recurso pedagógico resultará em um aumento significativo na compreensão e na motivação dos alunos, promovendo a inclusão e a resolução de desafios acadêmicos.

Vale ressaltar que, a escolha deste tema é motivada tanto por razões pessoais quanto acadêmicas. No aspecto pessoal, a sensibilização para as necessidades de alunos com TEA é uma questão de relevância social, uma vez que a inclusão educacional é um direito fundamental de todos os estudantes. No âmbito acadêmico, a pesquisa busca preencher uma lacuna no campo da educação inclusiva e no ensino de Física, propondo uma abordagem inovadora e adaptada às necessidades específicas dos alunos com TEA. Adicionalmente, contribui para o aprofundamento dos conhecimentos em pedagogia e neurociência educacional, áreas de crescente interesse e relevância no cenário acadêmico atual.

Ademais, com o principal intuito de investigar as potencialidades do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora no processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica, especificamente para alunos do Ensino Médio com TEA, buscamos:

- Identificar, por meio de estudos teóricos, as necessidades específicas de aprendizagem de alunos com TEA, com destaque para o contexto do ensino de Óptica Geométrica;
- Desenvolver um Jogo de Tabuleiro adaptado que possibilite a mediação da aprendizagem de conceitos de Óptica Geométrica;
- Reconhecer as palavras e conceitos científicos de difícil compreensão para os alunos com TEA, especialmente aqueles relacionados à Óptica Geométrica;
- Analisar as contribuições do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora na aprendizagem de alunos com TEA no contexto da Óptica Geométrica.

Desse modo, na próxima seção, abordaremos a fundamentação teórica, centrando-nos na Teoria da Aprendizagem segundo Lev Vygotsky. Exploraremos a contribuição fundamental dos elementos mediadores que desempenham papel crucial na construção do conhecimento. Destacaremos a importância da interação social no processo de aprendizagem, aprofundando na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e sua influência no crescimento cognitivo. Em seguida, analisaremos como a mediação no Jogo de Tabuleiro pode potencializar a aprendizagem. Por fim, examinaremos a aplicação de ambientes inclusivos nesse contexto, explorando possibilidades e desafios educacionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, abordamos alguns dos fundamentos teóricos relevantes para a perspectiva proposta por Lev Vygotsky. O primeiro tópico a ser examinado concentra-se na Teoria da Aprendizagem de Lev Vygotsky. O segundo ponto de análise se volta para os elementos mediadores, instrumentos e signos dessa Teoria da Aprendizagem. O terceiro segmento da seção examina a Interação Social como um estimulador da aprendizagem. No quarto tópico, apresentamos a Zona de Desenvolvimento Proximal, que se constitui uma compreensão essencial na teoria de Vygotsky. Na quinta seção exploraremos a aplicação prática dos princípios vygotkianos no contexto de jogos de tabuleiro. Por fim, o sexto e último tópico da seção dedica-se a examinar a relevância da inclusão no contexto dos jogos de tabuleiro.

2.1 Teoria da Aprendizagem segundo Lev Vygotsky

A teoria de Vygotsky destaca a importância dos jogos no desenvolvimento cognitivo, enfatizando as interações social e cultural, com instrumentos e signos desempenhando papéis mediadores. Além disso, o autor argumenta que os jogos lúdicos atuam na zona de desenvolvimento proximal do sujeito, ajudando a consolidar conhecimentos (Silva, 2019).

Dessa forma, o Jogo de Tabuleiro se encaixa nesse contexto como um jogo educacional, isto é, um instrumento de ensino que transforma o aluno em um protagonista de seu próprio processo de formação. Considerando que, o tabuleiro busca efetivamente aprimorar a compreensão dos alunos, fortalecendo os conhecimentos adquiridos nas aulas expositivas.

Considerando que ele utiliza signos em suas cartas para facilitar a compreensão dos conceitos de Física, como a Óptica Geométrica. Durante sua aplicação em sala de aula, promove a interação social entre os alunos, conforme sugerido por Vygotsky, enriquecendo a aprendizagem de forma ativa. Vale ressaltar que, a aprendizagem na zona de desenvolvimento proximal depende do uso de elementos mediadores, que desempenham um papel crucial nesse processo (Silva, 2019).

Contudo, Kishimoto (2017), ressalta que a compreensão do jogo não deve ser simplista, ao contrário, deve ser vista como uma ampliação da experiência, enriquecida pelos meios apropriados da cultura de uma sociedade. O autor define o jogo como uma forma de brincar e, ao abordar seu valor, afirma que um jogo elaborado, prolongado e variado é mais

benéfico para o ser humano do que aquele que é estereotipado, vazio e descontínuo. Para crianças e adultos, o jogo representa um espaço vital para exercitar a inteligência, servindo como um ambiente de experimentações para combinar pensamento, linguagem e fantasia (Kishimoto 2017).

É notável que um jogo bem estruturado e diversificado é mais propício ao desenvolvimento humano do que um jogo pronto e limitado. Ele proporciona à criança e ao adulto a oportunidade de utilizar sua inteligência, promovendo a organização do pensamento, linguagem e imaginação. Nesse contexto, o jogo se configura como um meio essencial para o enriquecimento da experiência e para a expressão criativa e intelectual.

Segundo Kishimoto (2017), reforçando a teoria de Vygotsky (1978), o jogo está intrinsecamente relacionado ao pensamento, à imaginação, ao símbolo e às regras. Ao brincar, a criança busca satisfazer diversas necessidades, sendo o jogo um meio pelo qual ela exercita a capacidade de construir coletivamente. O autor ainda enfatiza que essa capacidade coletiva está ligada à habilidade de imaginar e interagir com a realidade. Dessa forma, de acordo com a escritora, o ato de jogar é fundamental para a condição humana, tornando o indivíduo verdadeiramente humano.

2.2 Elementos mediadores: instrumentos e signos

Na análise da teoria vygotskiana, a conceituação de instrumento assume uma posição de destaque no contexto da evolução cognitiva humana. Esse referencial alude a elementos que facultam ao indivíduo a habilidade de interação com o ambiente, consequentemente, desencadeando transformações na natureza circundante. A utilização de um instrumento, enquanto meio para desempenhar uma função específica, inaugura uma trilha para a aquisição de novos conhecimentos, advindos da busca incessante pela otimização e aprimoramento desse mesmo instrumento (Silva, 2019).

Nessa situação, a ênfase dada por Vygotsky (2007) à noção de signos é crucial para essa teoria. Esses símbolos podem ser agrupados em três categorias distintas: indicadores, icônicos e simbólicos. Os indicadores representam conexões de causa e efeito, os icônicos são representados por imagens ou desenhos, enquanto os simbólicos possuem significados estabelecidos socialmente.

Em conformidade com essa teoria, a internalização de sistemas de signos, construídos social e culturalmente, desponta como o motivador principal do desenvolvimento cognitivo. Nesse contexto, evidencia-se que a qualidade e a quantidade dos signos e instrumentos

assimilados desempenham uma função crítica na habilidade de aprendizagem do sujeito. Sendo assim, o aumento no número de elementos mediadores, como os signos e instrumentos, amplia consideravelmente as chances de aquisição de novos conhecimentos pelo indivíduo, estimulando, dessa forma, uma evolução no desenvolvimento cognitivo (Harder; Gracheki; Pieczarka, 2020).

2.3 Interação Social

No contexto das concepções de Lev Vygotsky, é inegável a ligação entre o desenvolvimento cognitivo humano e o contexto sócio-histórico e cultural que o permeia. Nessa estrutura conceitual, a interação social emerge como um elemento de proeminente relevância, figurando como o apoio primordial para a transmissão de conhecimentos preexistentes, em um âmbito que abraça as esferas do social, histórico e cultural (Lopes; Silva, 2020).

Vygotsky, como enfatizado por Hallwass e Bredow (2021), direciona sua análise para a interação entre o indivíduo e o ambiente que o circunda. Nessa perspectiva, a interação social se revela como a dinâmica relacional entre dois ou mais sujeitos, imersos num intercâmbio constante de informações. Essa realidade da interação social emerge como uma inegável premissa, uma vez que os seres humanos, por sua natureza intrinsecamente social, não subsistem em isolamento absoluto (Gléria, 2022).

Portanto, Vygotsky realça que esse processo interacional encontra sua expressão primordial nas crianças, que interagem com seus pais e outros membros de seu entorno social. O autor concebe essa interação como um fator de preponderância vital para o desenvolvimento, tanto no domínio cognitivo quanto no domínio da linguagem, em relação a qualquer sujeito. Essa trajetória de desenvolvimento, segundo Vygotsky, desenrola-se mediante a dinâmica das Zonas de Desenvolvimento (Milani; Stoltz; Higa, 2020).

Dentro da concepção vygotskiana, a interação social é o principal meio pelo qual o indivíduo é exposto a experiências, informações e conhecimentos compartilhados pelo grupo social em que está inserido. É essa interação que impulsiona a transformação dos processos mentais, influenciando assim o desenvolvimento cognitivo (Rodrigues; Da Silva; Silva, 2021). Para Vygotsky (1978), a interação social se delineia como o elemento propulsor primordial do progresso intelectual, sendo intrinsecamente entrelaçada às zonas de desenvolvimento, que indicam o percurso evolutivo do indivíduo (Lopes; Silva, 2020).

2.4 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

Vygotsky (1978) apresenta um conceito fundamental em sua teoria do desenvolvimento humano: as zonas de desenvolvimento, que são divididas em três. A primeira zona representa o nível de desenvolvimento real, referente às etapas já alcançadas pelo indivíduo, habilitando-o a resolver problemas de forma autônoma. A segunda manifesta o nível de desenvolvimento potencial, indicativo da capacidade do sujeito desempenhar tarefas com mediação. Por fim, temos a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que aponta a distância entre os níveis de desenvolvimento real e potencial, representando o percurso até a maturação e consolidação de funções superiores (Rodrigues; Da Silva; Silva, 2021).

A ZDP é o espaço entre o conhecimento adquirido e o potencial de conhecimentos que podem ser alcançados, desde que haja mediação. O termo “proximal” remete à ideia de proximidade e intimidade, indicando a presença do educador ou outro indivíduo experiente, que identifica o potencial a ser alcançado e estimula tanto a superação quanto a apropriação do novo conhecimento (Santos *et al.*, 2021). Assim, para Vygotsky (1978), o educador se configura como mediador entre o indivíduo e o mundo, identificando a ZDP do aluno e auxiliando-o a interagir com os outros e consigo mesmo, viabilizando a realização de seu verdadeiro potencial.

De acordo com Vygotsky (1978), a ZDP é a distância entre o nível de desenvolvimento real, geralmente determinado pela solução autônoma de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela resolução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com pares mais competentes. Para ilustrar as zonas de desenvolvimento e fornecer maior clareza acerca da mediação na ZDP, um quadro foi elaborado, esquematizando os conceitos defendidos por Vygotsky (Rodrigues; Da Silva; Silva, 2021). Veja na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).



Fonte: Santos *et al* (2021).

A mediação, ocorrida na ZDP, representada na Figura 1, é a ferramenta propulsora que permite ao indivíduo aprimorar sua aprendizagem e ampliar suas percepções. Essa etapa é importante para a progressão e a expansão de seus conhecimentos, um componente essencial no desenvolvimento da competência informacional (Santos *et al.*, 2021). Portanto, compreender as nuances e a aplicação das zonas de desenvolvimento, em consonância com a mediação, é fundamental para potencializar a evolução intelectual e educacional do indivíduo.

2.5 Mediação no Contexto do Jogo de Tabuleiro

A integração da mediação social em um Jogo de Tabuleiro direcionado ao Ensino de Óptica Geométrica para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) apresenta diversos desafios. Para saná-los, Lev Vygotsky enfatiza que as interações sociais e a mediação estejam presentes no processo de aprendizagem, principalmente ao lidar com crianças com TEA, cujas interações são frequentemente complexas.

No contexto do Jogo de Tabuleiro, a mediação social surge como um dispositivo de apoio que facilita a compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica pelos alunos com TEA. Essa função é desempenhada por um mediador, que pode ser um educador ou um terapeuta, cuja incumbência envolve orientar as interações e auxiliar as crianças na apreensão do jogo e seus componentes conceituais.

O reconhecimento das distintas necessidades individuais dos alunos com TEA é preponderante. A mediação precisa ser adaptada para atender a essas necessidades singulares, levando em conta que alguns alunos podem se beneficiar mais de interações sociais diretas, enquanto outros podem preferir a interação mediada por personagens fictícios do jogo ou dispositivos auxiliares.

O design do Jogo de Tabuleiro é inclusivo, considerando as características de crianças com necessidades individuais. Isso abarca aspectos como paletas de cores, imagens e texto facilmente compreensíveis para esses estudantes distintos. Além disso, o jogo é estruturado para fomentar interações sociais de maneira não invasiva e acolhedora, além de buscar o equilíbrio entre o desenvolvimento das habilidades individuais do estudante e a promoção da colaboração e da comunicação entre os alunos. Estes aspectos são de suma importância. O

jogo permite que os alunos aprimorem suas aptidões individuais, ao mesmo tempo em que fomenta a interação social.

A mediação é flexível e sujeita a avaliação constante. À medida que os estudantes com TEA avançam em seu aprendizado, suas necessidades evoluem, exigindo uma adaptação sensível da mediação. No entanto, uma consideração relevante reside na competência do mediador (educador, terapeuta, etc.) que deve estar adequadamente treinado e possuir pleno entendimento das necessidades peculiares desses estudantes. Isso inclui a aptidão para empregar estratégias de comunicação alternativa, quando necessário.

De maneira abrangente, a mediação social assume um papel de destaque na educação de estudantes com TEA, e a sua incorporação em um jogo de tabuleiro dedicado à Óptica Geométrica representa uma abordagem inovadora com potencial de eficácia. O desafio reside na preparação de um ambiente educacional que equilibre o aspecto instrutivo com a interação social de forma significativa e benéfica para cada estudante envolvido.

2.6 Fundamentos legais e históricos da educação inclusiva no Brasil

A Declaração de Salamanca, de 1994, representa um marco na história da educação inclusiva, trazendo diretrizes essenciais para a promoção de um sistema educacional acessível a todos. Com base nas discussões da Conferência Mundial de Educação para Todos, o documento tem como propósito universalizar a educação e assegurar que todas as crianças sejam acolhidas nas escolas, sem qualquer distinção relacionada a condições físicas, intelectuais ou sociais (Brasil, 1990). Estabelecida pela UNESCO e com a colaboração de diversos governos e organizações internacionais, a Declaração defende que todas as escolas devem se tornar centros de inclusão, integrando efetivamente alunos com deficiência ao convívio escolar regular, com os apoios e adaptações necessários para atender às suas demandas específicas (UNESCO, 1994).

Ao afirmar que a educação inclusiva deve ser uma prática universal, a Declaração enfatiza o princípio de que a escola tem o papel de acolher alunos com diferentes condições e necessidades, promovendo uma educação de qualidade que respeite e valorize a diversidade. Essa perspectiva inclusiva se opõe às práticas educacionais tradicionais, que frequentemente segregavam os alunos com deficiência em ambientes distintos. Os encontros de Salamanca reforçaram a necessidade de se afastar das práticas discriminatórias e segmentadas, que, muitas vezes, privavam esses alunos de uma experiência educativa plena e integrada ao ambiente escolar comum. A Declaração de Salamanca também reflete um

esforço global para desenvolver políticas públicas que promovam a inclusão e a universalização da educação, incluindo a garantia de que os sistemas educacionais atendam às necessidades de alunos com deficiência, seja por meio de recursos humanos especializados, materiais adaptados ou estratégias pedagógicas diversificadas.

No contexto brasileiro, essas diretrizes foram incorporadas à Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e ao Estatuto da Pessoa com Deficiência, ambos instrumentos que reafirmam o compromisso do Brasil com a educação inclusiva. Esses dispositivos legais ampliam o alcance das recomendações de Salamanca, assegurando, por exemplo, que alunos com necessidades educativas específicas, como os que têm Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), também tenham acesso ao apoio necessário para seu desenvolvimento acadêmico e social. Em síntese, a Declaração de Salamanca representa um avanço significativo na luta por uma educação inclusiva e universal, que respeite as diferenças e promova a participação de todos os alunos na vida escolar, sem qualquer forma de discriminação.

A inclusão educacional é um direito fundamental estabelecido pela Constituição Federal de 1988 e reforçado por leis posteriores, como a Lei Brasileira de Inclusão (Estatuto da Pessoa com Deficiência) e o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), disposto na Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990, que determina que todas as crianças e adolescentes devem ser educados, com cidadania e capacitação para o trabalho, a fim de que possam desenvolver plenamente suas potencialidades e exercê-las. Este artigo é relevante por tratar da universalidade da educação, incluindo crianças com deficiência e necessidades educacionais. O direito à educação no Brasil, conforme definido pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB), deve ser garantido de forma equitativa e sem discriminação para todas as crianças e adolescentes, incluindo aqueles com deficiência, transtornos do desenvolvimento ou altas habilidades. A legislação estabelece que essas crianças têm direito a um atendimento educacional especializado, preferencialmente integrado à rede regular de ensino.

O artigo 4º da LDB, alterado pela Lei nº 12.796 de 2013, reforça que o dever do Estado é assegurar a educação básica gratuita e obrigatória para alunos de 4 a 17 anos, oferecendo também esse atendimento especializado em todas as etapas e modalidades de ensino. A inclusão escolar visa não apenas garantir o acesso à educação, mas também criar ambientes que favoreçam o desenvolvimento pleno de cada aluno, respeitando suas necessidades específicas. A preferência pela rede regular de ensino busca promover a convivência e o aprendizado em um ambiente inclusivo e diversificado, onde todos os alunos, com ou sem deficiência, possam compartilhar experiências e crescer juntos.

Dessa forma, a legislação educacional brasileira busca promover a equidade e a inclusão, garantindo que cada criança tenha o suporte necessário para seu desenvolvimento, independentemente de suas condições. A implementação desse atendimento especializado em escolas regulares é essencial para que o sistema educacional cumpra seu papel de promover a cidadania e a participação ativa de todos os estudantes na sociedade. A trajetória da educação inclusiva no Brasil é marcada por uma evolução significativa impulsionada por marcos legais que garantem o direito à educação a todas as crianças, independentemente de suas condições físicas, intelectuais ou emocionais. O ponto de partida desse avanço foi a Constituição Federal de 1988, que consolidou a educação como um direito fundamental e um dever do Estado e da família (De Lima, 2020). Esse princípio de igualdade abriu as portas para legislações posteriores que não só asseguram o acesso à educação, mas também garantem a inclusão de crianças com necessidades especiais.

A LDB, promulgada em 1996, é um marco essencial para a educação inclusiva no Brasil. Ela reconhece a necessidade de assegurar a inclusão de todos os alunos, e destaca a importância de adaptar o sistema educacional para atender às suas necessidades específicas (Brasil, 1996). No entanto, a implementação plena desse compromisso ainda enfrenta desafios, como a falta de infraestrutura adequada e a escassez de formação especializada para os educadores. Embora o Estado tenha avançado nas políticas públicas voltadas à inclusão, a realidade nas escolas muitas vezes não acompanha o que está prescrito na lei. As dificuldades práticas e estruturais permanecem uma barreira para a concretização de uma educação verdadeiramente inclusiva.

No contexto da educação especial, a Lei Brasileira de Inclusão (Estatuto da Pessoa com Deficiência), sancionada em 2015, fortaleceu ainda mais os direitos das crianças com necessidades especiais. Essa legislação reafirma a igualdade de condições e a acessibilidade, garantindo que crianças com deficiência tenham acesso ao ambiente escolar regular, com o suporte necessário para seu pleno desenvolvimento (Farias, 2022). A educação inclusiva, segundo o Estatuto, é vista como uma forma de promover a cidadania e a participação plena na sociedade, respeitando a singularidade de cada aluno.

Além disso, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, lançada em 2008, foi criada para garantir o direito à educação inclusiva em todos os níveis de ensino. Essa política orienta os sistemas educacionais a promover o acesso ao ensino regular, assegurando a participação ativa e contínua dos alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação (Brasil, 2008). A

política visa a inclusão desses alunos no ambiente escolar, e o desenvolvimento de uma cultura escolar que valorize a diversidade e respeite as especificidades de cada estudante.

Outro marco importante na história da educação inclusiva foi a Declaração de Salamanca, de 1994, que trouxe diretrizes fundamentais para a promoção de uma educação inclusiva em todo o mundo. A declaração defende que as escolas devem acolher todas as crianças, independentemente de suas condições, promovendo a integração delas ao ambiente escolar regular (UNESCO, 1994). O documento reforça o princípio de que a educação inclusiva deve ser universal, promovendo um ambiente que ofereça o suporte necessário para que cada aluno possa desenvolver seu potencial.

Por fim, a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, aprovada pela ONU em 2006, reafirma o compromisso global com a promoção de uma educação inclusiva. O Brasil, como signatário, se comprometeu a criar ambientes educacionais que favoreçam o desenvolvimento acadêmico e social de todas as crianças, garantindo oportunidades iguais e promovendo a participação plena dessas pessoas em todos os níveis de ensino (Brasil, 2007). Esse compromisso foi reforçado pelo Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos, que visa integrar temáticas relacionadas às pessoas com deficiência nos currículos da educação básica e desenvolver ações afirmativas que garantam o acesso e a permanência de estudantes com deficiência na educação superior.

A educação inclusiva no Brasil tem sido construída sobre uma base sólida de legislações e políticas públicas que visam garantir o direito à educação a todas as crianças. No entanto, ainda há muitos desafios práticos e estruturais a serem superados. A falta de infraestrutura adequada, a formação insuficiente dos professores e a implementação desigual das políticas inclusivas são barreiras que precisam ser enfrentadas para que o direito à educação inclusiva seja verdadeiramente efetivo. As legislações e os marcos legais são passos importantes, mas é a prática educacional que deve refletir esses avanços, assegurando que cada criança tenha a oportunidade de se desenvolver em um ambiente escolar que respeite suas particularidades e promova a equidade.

2.7 Ambientes inclusivos no Jogo de Tabuleiro

A educação inclusiva é um conceito que visa garantir a participação e o aprendizado de todos os alunos, independentemente de suas características, habilidades ou limitações.

Trata-se de um modelo educacional que busca promover a equidade e a diversidade, reconhecendo a singularidade de cada indivíduo (Aragão, 2023).

A implementação da educação inclusiva envolve a criação de ambientes escolares que ofereçam suporte e adaptações para atender às necessidades específicas de alunos com deficiências, transtornos ou outras condições que possam afetar seu processo de aprendizagem. Além disso, a educação inclusiva promove a conscientização, o respeito e a valorização da diversidade, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária (Barreto; Barreto, 2014).

A implementação de ambientes inclusivos em jogos de tabuleiro destinados ao ensino de Conceitos de Óptica Geométrica para estudantes com Transtorno do Espectro Autista configura-se como um desafio de natureza sensível e estratégica. O imperativo da interação social, em virtude da ênfase atribuída pela teoria sociocultural de Vygotsky às interações sociais no processo educacional, torna-se um aspecto crucial a ser cuidadosamente considerado. Nesse cenário, um conjunto de reflexões se faz presente, visando à promoção da inclusão em contextos de jogos de tabuleiro direcionados a alunos com TEA (Vasconcelos *et al.*, 2023).

Para o design do jogo, surge a necessidade de uma minuciosa ponderação das especificidades do TEA, a fim de idealizar um jogo que reúna características atrativas, acessíveis e adaptadas às demandas particulares desse público-alvo. Assim, a incorporação de elementos visuais assume uma relevância crítica, em especial no contexto da Óptica Geométrica. A utilização de diagramas, gráficos e paletas cromáticas contrastantes se apresenta como um artifício essencial para elevar a acessibilidade e, por conseguinte, o engajamento com o jogo (Aragão, 2023).

Adicionalmente, a promoção da colaboração entre os jogadores assume um papel de destaque, em consonância com a concepção vygotskiana da aprendizagem como um processo eminentemente social. A implementação da dinâmica de trabalho em equipe pode ser particularmente benéfica para os estudantes com TEA, viabilizada mediante a introdução de missões, tarefas ou enigmas que exijam a participação conjunta de todos os jogadores (Vasconcelos *et al.*, 2023).

A clareza na comunicação se revela como um atributo vital, tanto no que concerne às regras do jogo quanto às instruções. É mandatório recorrer a uma comunicação visual, instruções verbais e, caso necessário, adotar dispositivos de comunicação alternativa, como símbolos ou sistemas de comunicação por troca de figuras (PECS) (Barreto; Barreto, 2014).

A necessidade de flexibilidade não pode ser negligenciada, considerando que os alunos com TEA podem manifestar uma variabilidade considerável em seus estilos de aprendizagem e preferências (Vasconcelos *et al.*, 2023). Dessa forma, a adoção de abordagens flexíveis, bem como a adaptação do jogo em conformidade com as necessidades individuais, assume um caráter fundamental.

No que tange ao ambiente do jogo, a configuração de um cenário calmo, isento de distrações, surge como um elemento preponderante. A sensibilidade a estímulos sensoriais por parte de uma parcela significativa dos indivíduos com TEA, exige atenção cuidadosa ao entorno onde a partida ocorre. A presença de profissionais com expertise na assistência a estudantes com TEA é desejável, sempre que possível. Tal presença permite a orientação das interações e o fornecimento de apoio, maximizando a experiência dos participantes (Barreto; Barreto, 2014).

Por fim, a adesão ao princípio de avaliação contínua se apresenta como uma conduta fundamental. A disposição para acolher o *feedback* dos alunos com TEA e de seus responsáveis possibilita ajustar o jogo de maneira a torná-lo mais inclusivo e eficaz. É crucial salientar que a inclusão constitui um processo dinâmico, sujeito a constante evolução, requerendo uma predisposição permanente à adaptação e ao aprimoramento do jogo à medida que se aprofunda a compreensão das necessidades particulares dos estudantes com TEA envolvidos. Adicionalmente, o envolvimento direto dos próprios estudantes no processo de design emerge como uma estratégia de suma valia para a instauração de um ambiente genuinamente inclusivo (Fernandes *et al.*, 2021).

Na próxima seção, exploraremos conceitos fundamentais sobre Óptica Geométrica. Iniciaremos abordando reflexão e refração em superfícies planas, incluindo a formação de imagens com espelhos planos e objetos extensos. Em seguida, discutiremos reflexão e refração da luz em superfícies esféricas, abordando conceitos como foco e distância focal. Analisaremos também a refração em superfícies esféricas, lentes delgadas, câmeras e, por fim, o funcionamento do olho humano. A seção fornecerá uma compreensão abrangente dos princípios ópticos essenciais para estudos posteriores.

3 CONCEITOS FÍSICOS SOBRE ÓPTICA GEOMÉTRICA

A Óptica Geométrica é o ramo da Física que trata a luz como partícula e, portanto, faz seu estudo baseado no conceito de raio de luz. Os raios de luz são representados como segmentos de reta orientados, ou seja, eles nos mostram o sentido e a direção da propagação da luz.

Como destacado no Produto Educacional aplicado, os conceitos físicos envolvidos são os seguintes:

- Reflexão da Luz;
- Refração da Luz;
- Formação de Imagens;
- Lei da Reflexão;
- Lei de Snell;
- Dispersão da Luz;
- Instrumentos Ópticos.

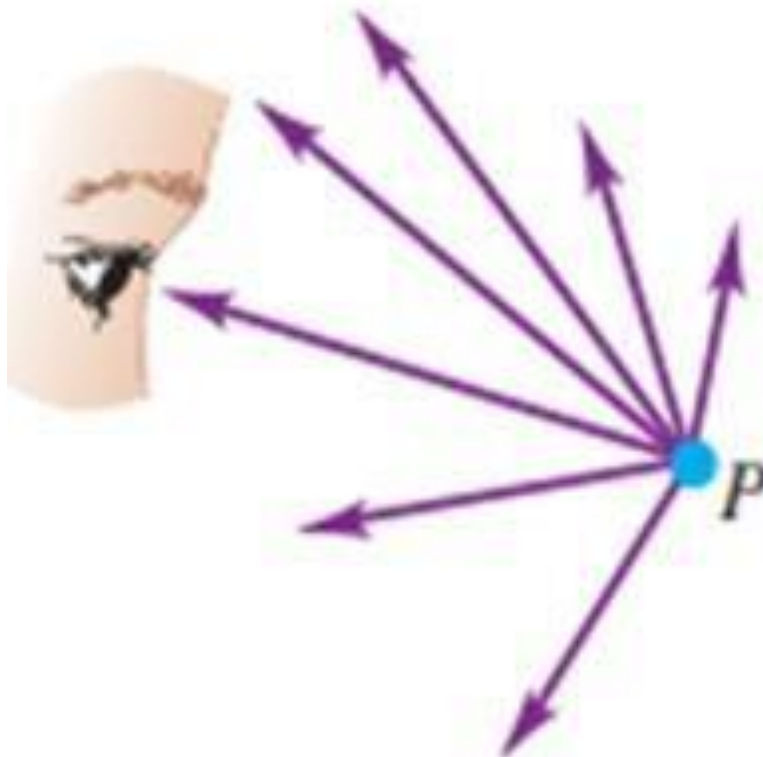
A seguir, discutiremos cada um dos tópicos mencionados acima.

3.1 Reflexão e Refração em Superfícies Planas

Antes de mergulharmos na abordagem do conceito de imagem, é vital que assimilamos a essência do objeto na óptica. Chama-se de objeto qualquer ser emissor de luz, seja por sua natureza intrínseca, caracterizando-o como fonte luminosa própria, como, por exemplo, o filamento incandescente de uma lâmpada convencional. Alternativamente, à luz, uma vez propagada a partir de uma fonte externa, como o sol ou uma lâmpada artificial, pode, em seu percurso, incidir sobre o objeto, resultando na reflexão luminosa, tal qual ocorre durante a leitura dessas palavras, quando a luz se propaga através das páginas desse texto (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Na Figura 3.1, destacamos os raios de luz que propagam em todas as direções, provenientes de um ponto objeto P. Esses raios de luz emitidos pelo objeto alcançam os olhos direito e esquerdo do observador sob ângulos distintos. Essa variação angular, percebida em cada olho, é posteriormente interpretada pelo cérebro do observador. Essa computação mental, baseado na diferença entre os ângulos de incidência, permite ao observador estimar a distância que o separa do objeto. (Young; Freedman, 2016), conforme a Figura 2 a seguir.

Figura 2: Um Ponto Objeto colocado em P, do qual irradiam raios luminosos em todas as direções que alcançam o observador.

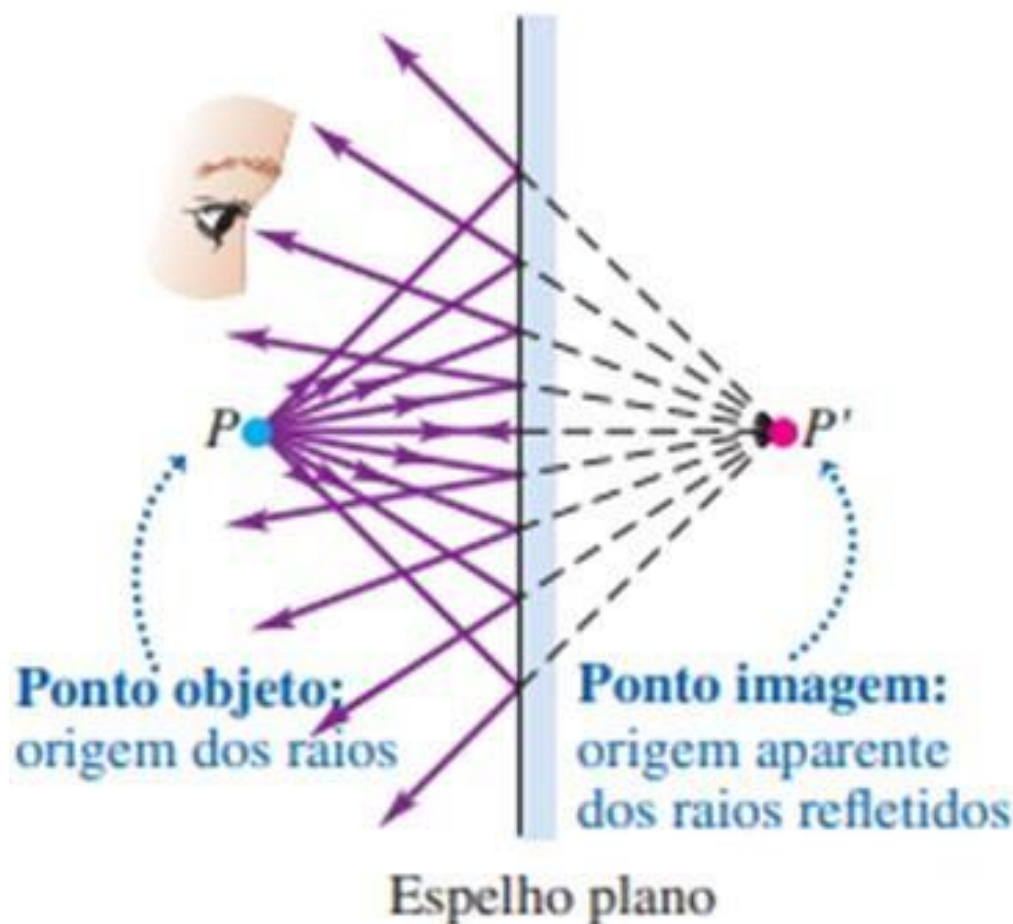


Fonte: Young e Freedman (2016).

Convém registrar que o objeto ilustrado na Figura 2 assume a forma de um objeto pontual, caracterizado pela ausência de dimensões mensuráveis, representado como um mero ponto. No mundo real, porém, os objetos possuem extensão, dotados de comprimento, largura e altura, configurando-os como objetos extensos. Para fins analíticos, priorizamos um objeto idealizado, condensado em um ponto, afastando assim a complexidade dos objetos extensos, constituídos por uma grande quantidade de pontos. (Serway; Jewett JR, 2019).

Suponhamos, então, que alguns dos raios provenientes do objeto incidam sobre uma superfície plana refletora, como evidenciada na Figura 3. Esta superfície pode pertencer a um material com índice de refração distinto, induzindo à reflexão de uma parcela da luz incidente. Alternativamente, a superfície pode se configurar como metálica, cuidadosamente polida, refletindo praticamente a totalidade da luz que a alcança (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Figura 3: Raios de luz vindos do objeto em P são refletidos em um espelho plano, criando a impressão de que vêm do ponto imagem P'.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Visualmente, representamos uma superfície refletora como uma linha escura, acompanhada de uma área sombreada na porção posterior da interface, conforme ilustrado na Figura 3. Vale destacar que os espelhos convencionais, como encontrados em banheiros, frequentemente incorporam uma lâmina de vidro fina na superfície frontal da porção refletora, destinada à sua preservação; por simplicidade, poderemos inicialmente, desconsiderar o efeito dessa lâmina (Ramalho JR; Ferraro; Soares, 2015).

Com base na lei da reflexão, estabelecemos que, para cada raio luminoso incidente na superfície plana, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão em relação à normal da superfície do espelho.

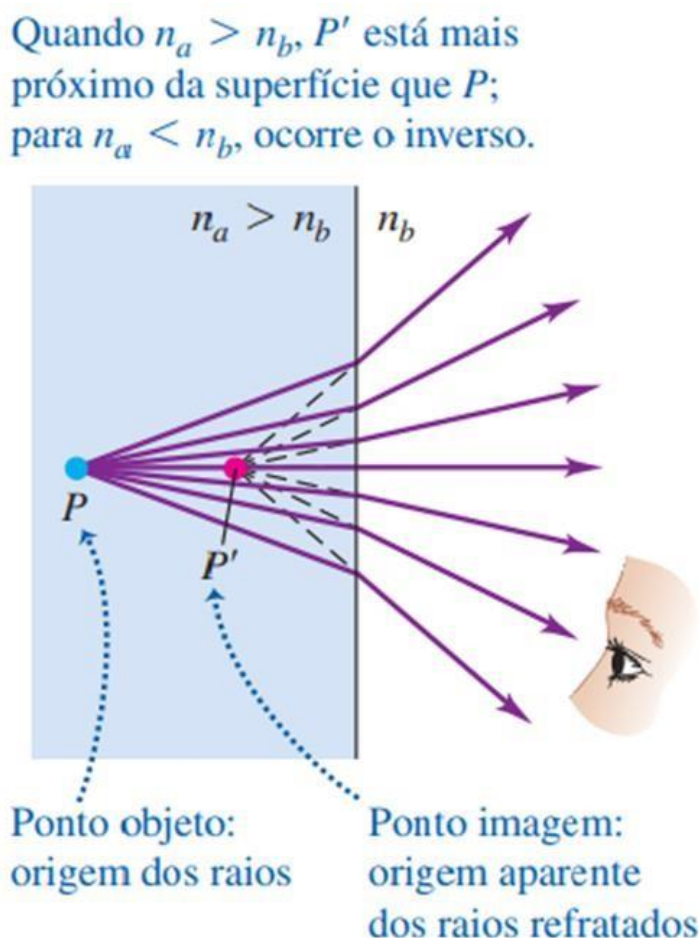
Após a reflexão, os raios luminosos preservam suas direções inalteradas, como se estivessem saindo do ponto P'. Nomeamos o ponto P como o ponto objeto, enquanto o ponto P', correspondente, assume a nomenclatura de ponto imagem. Ressaltamos que é a superfície refletora que possibilita a formação da imagem do ponto P (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

O observador, sem ter a certeza de que está diante de uma reflexão, é levado a acreditar que os raios luminosos emanam do ponto onde o ponto imagem P' se localiza. O ponto imagem, portanto, constitui um recurso propício à descrição das diversas direções adotadas pelos raios luminosos refletidos, enquanto o ponto objeto P determina as direções dos raios até o instante da incidência na superfície refletora (Nussenzveig, 2014).

Em um cenário hipotético em que a superfície retratada na Figura 3 é áspera, a reflexão se torna difusa, com os raios luminosos refletidos, provenientes de distintos pontos desta superfície, assumindo direções divergentes. Nesse contexto, a formação de um ponto imagem P' , a partir do qual os raios parecem irradiar-se, é impossibilitada (Serway; Jewett JR, 2019). Quando nossos olhos se fixam sobre uma superfície metálica convencional, por exemplo, a ausência de reflexão é evidente, uma vez que tal superfície frequentemente apresenta irregularidades. No entanto, após o processo de polimento da superfície metálica, ela se torna uma superfície especular, tornando a imagem refletida visível (Young; Freedman, 2016).

A perspectiva de formação de uma imagem também se materializa em uma superfície plana refratora, conforme ilustrado na Figura 4. Os raios luminosos, provenientes do ponto objeto P , sofrem refração ao passarem a interface entre dois materiais transparentes (Young; Freedman, 2016). Sob condições em que os ângulos de incidência são pequenos em relação à normal, as direções dos raios após a refração coincidem com aquelas que seriam obtidas caso os raios emanados tivessem como origem um ponto imagem P' . (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Figura 4: Os raios de luz provenientes do ponto objeto P são refratados na interface plana, dando a ilusão de que estão vindos do ponto imagem P' quando chegam ao olho.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Tanto na Figura 4 quanto na Figura 5, observamos que os raios luminosos que alcançam o observador, parecem efetivamente saírem do ponto imagem P' . Com efeito, quando o espelho retratado na Figura 3 se apresenta opaco, não há luminosidade discernível em seu lado direito. Nesse contexto, onde os raios emergentes não percorrem efetivamente a posição do ponto imagem, categorizamos a imagem resultante como virtual (Young; Freedman, 2016).

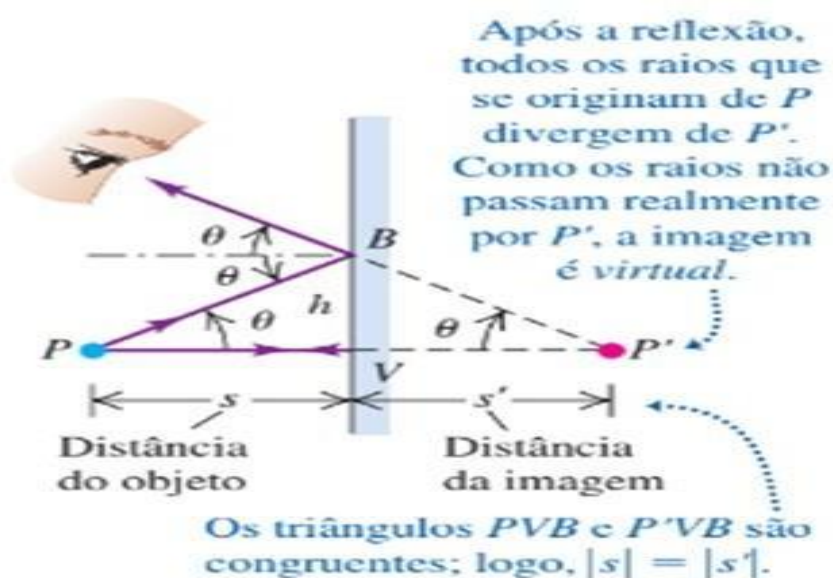
Em estágios subsequentes, examinaremos situações nas quais os raios luminosos percorrem efetivamente a posição do ponto imagem, caracterizando tal situação como a formação de uma imagem real. As imagens que se projetam em uma tela de cinema, se materializam sobre a película de uma câmara ou se concretizam nas retinas oculares e exemplificam com clareza imagens reais (Serway; Jewett Jr, 2019).

3.1.1 Formação de imagens com espelhos planos

Neste momento, concentremo-nos na análise das imagens geradas por reflexão; deixaremos a questão da refração para abordagens posteriores nesta seção. Para identificar a imagem virtual P' que um espelho plano cria a partir de um objeto P , utilizaremos o procedimento ilustrado na Figura 5. A figura exhibe dois raios divergentes originados de um ponto objeto P , localizado a uma distância s à esquerda de um espelho plano. Denominaremos “ s ” como a distância do objeto. O raio PV segue uma trajetória perpendicular à superfície do espelho e retrocede na mesma direção do raio original.

Para encontrar a posição da imagem produzida por um espelho plano, observe na Figura 5 que o ponto imagem P' está localizado à mesma distância do espelho que o ponto objeto P , porém, atrás do espelho.

Figura 5: Formação da imagem em um espelho plano



Fonte: Young e Freedman (2016).

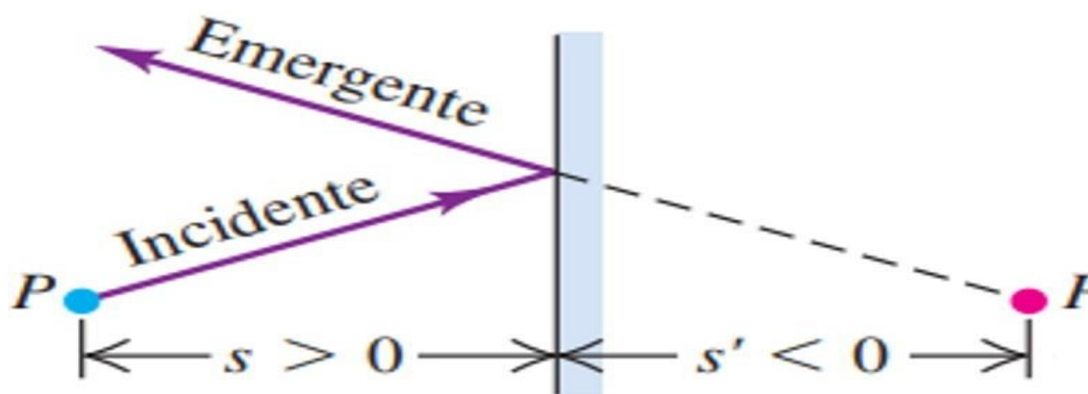
Por outro lado, o raio PB forma um ângulo θ com o raio PV . Ele alcança o espelho plano com um ângulo de incidência θ e se reflete, mantendo o mesmo ângulo com a normal. Ao prolongarmos os trajetos dos dois raios refletidos para trás do espelho, eles se intersectam em um ponto P' , situado a uma distância s' atrás do espelho. Denominaremos s' como a distância da imagem. A linha que liga P e P' é perpendicular ao espelho. É importante destacar que os triângulos PVB e $P'VB$ são congruentes, o que implica que as distâncias entre P e P' até o espelho são iguais, ou seja, s e s' possuem magnitudes idênticas. A distância entre o espelho e a imagem P' , formada atrás dele, é precisamente igual à distância entre o objeto P e a superfície do espelho na sua frente (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Essa construção da Figura 3.4 pode ser repetida para qualquer raio que diverge do ponto P. A direção de qualquer raio refletido coincide com aquela que teria se ele tivesse se originado no ponto P', confirmando que P' é a imagem de P. Independentemente da posição do observador, a imagem será sempre percebida no ponto P'.

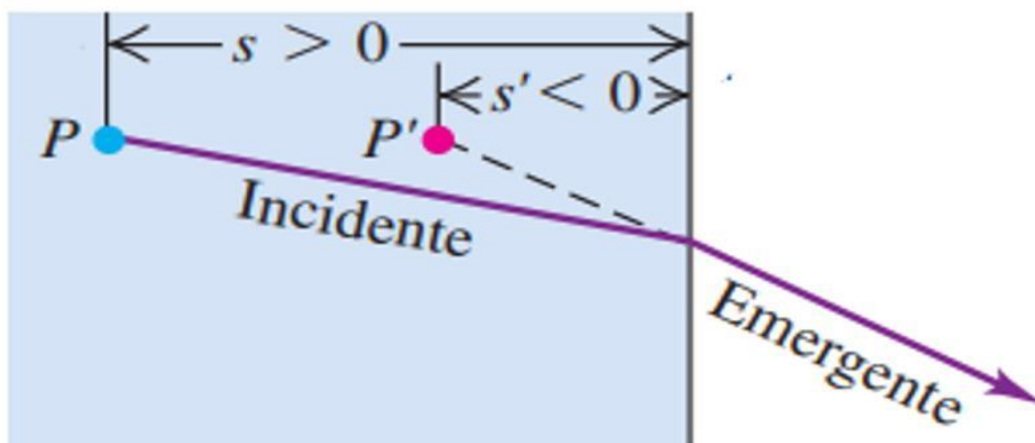
Agora, introduziremos algumas regras de sinais, que podem parecer excessivamente complexas para o caso simples de uma imagem formada por um espelho plano. No entanto, formulamos essas regras de maneira que sejam aplicáveis a diversas situações encontradas posteriormente, abrangendo a formação de imagens em superfícies refletoras ou refratoras planas, esféricas ou em pares de superfícies refratoras que compõem uma lente (Young; Freedman, 2016). Eis as regras:

1. **Regra do sinal para a distância do objeto:** quando o objeto está do mesmo lado por onde a luz incide na superfície refletora ou refratora, a distância do objeto s é positiva; caso contrário, é negativa;
2. **Regra do sinal para a distância da imagem:** quando a imagem está do mesmo lado por onde emerge a luz da superfície refletora ou refratora, a distância da imagem s' é positiva; caso contrário, é negativa;
3. **Regra do sinal para o raio de curvatura de uma superfície esférica:** quando o centro de curvatura C está do mesmo lado por onde a luz emerge da superfície refletora ou refratora, o raio de curvatura é positivo; caso contrário, é negativo.

Nas Figura 6a e 6b, demonstramos as regras 1 e 2 para duas situações distintas. No contexto dos espelhos, o lado da luz incidente coincide sempre com o lado da luz refletida; por exemplo, nos casos representados nas Figuras 4, 5 e 6, o lado correspondente é o esquerdo (Young; Freedman, 2016). Já em relação às superfícies refratoras retratadas nas Figuras 4 e 6b, o lado da luz incidente é o esquerdo da interface entre os materiais, enquanto o lado da luz emergente é o direito (Nussenzveig, 2014). Nessas duas situações, a distância do objeto (s) é positiva conforme a regra 1, enquanto a distância da imagem (s') é negativa de acordo com a regra 2, conforme a Figura 6a e Figura 6b.

Figura 6a: Espelho plano

Fonte: Young e Freedman (2016).

Figura 6b: Interface refratora plana

Fonte: Young e Freedman (2016).

Conforme Young e Freedman (2016), nas Figuras 6a e 6b, a distância do objeto s é positiva, uma vez que o ponto objeto P encontra-se no lado da luz incidente na superfície refletora (o lado esquerdo). Em contrapartida, a distância da imagem s' é negativa, pois o ponto imagem P' não está do lado da luz que emerge da superfície refletora (o lado esquerdo). As distâncias s e s' estão relacionadas pela fórmula:

$$s = -s' \quad (\text{eq. 4.1})$$

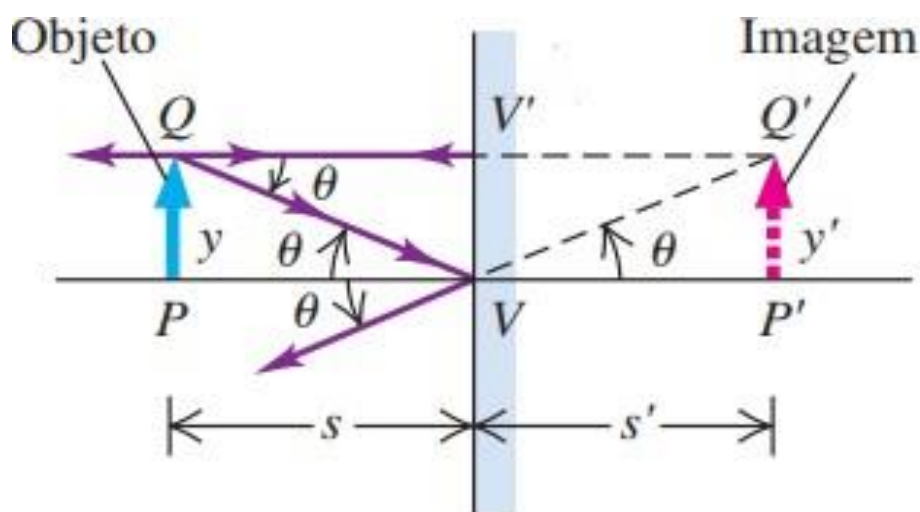
Para uma superfície refletora ou refratora plana, os raios de curvatura são infinitos e, portanto, não fornecem informações úteis; nesses casos, a terceira regra torna-se desnecessária. Contudo, mais adiante, perceberemos que essa regra será de extrema valia ao explorarmos a formação de imagens em interfaces curvas que refletem ou refratam a luz (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

3.1.2 Imagem de um objeto extenso: espelho plano

Agora, consideremos um objeto extenso com uma dimensão definida, geralmente representado por um objeto unidimensional, como uma estreita seta orientada paralelamente à superfície refletora, exemplificada pela seta PQ na Figura 7 (Young; Freedman, 2016). Na Figura 7 a altura da seta, que é a distância entre o ponto inicial e a extremidade, é representada por y . A imagem resultante desse objeto extenso é também extensa; cada ponto do objeto corresponde a um ponto na imagem (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Evidenciamos a trajetória de dois raios provenientes do ponto Q; notamos que aparentemente todos esses raios convergem para o ponto imagem Q' após a reflexão. Portanto, a imagem da seta é o segmento P'Q', cuja altura é y' . Todos os outros pontos que compõem o objeto PQ têm suas imagens localizadas entre os pontos P' e Q'. É importante frisar que os triângulos PQV e P'Q'V são congruentes, o que implica que PQ compartilha das mesmas dimensões e orientação da imagem P'Q', indicando que y é igual a y' (Young; Freedman, 2016).

Figura 7: Determinando a altura da imagem em uma superfície plana refletora.



Fonte: Young e Freedman (2016).

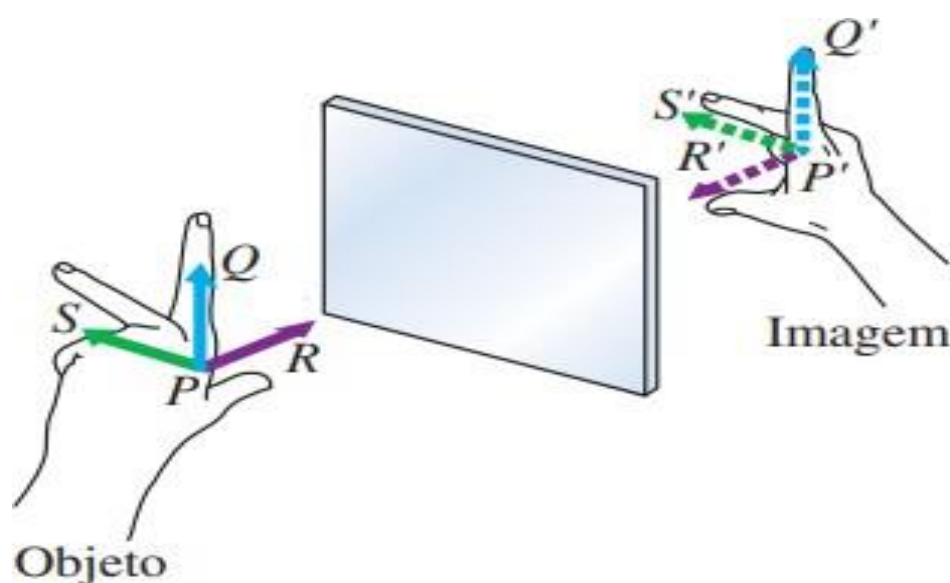
A relação entre a altura da imagem e a altura do objeto, expressa como y'/y , em qualquer situação de formação de imagem, é denominada ampliação transversal m , sendo $m = y'/y$. Portanto, no caso de um espelho plano, temos $y = y'$, o que resulta em uma ampliação transversal m igual a 1. Portanto, quando alguém olha para um espelho plano, a imagem refletida tem o mesmo tamanho que o corpo real da pessoa (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Na Figura 7, observamos que a seta representando a imagem aponta na mesma direção e no mesmo sentido que a seta que representa o objeto, o que caracteriza uma imagem direita. Nessa situação, y e y' têm o mesmo sinal, e a ampliação transversal m é positiva. Portanto, uma imagem formada por um espelho plano é sempre direita, com y e y' mantendo o mesmo valor absoluto e o mesmo sinal (Nussenzveig, 2014).

No entanto, encontraremos cenários onde obteremos uma imagem invertida, ou seja, a seta da imagem apontará na direção oposta à seta que representa o objeto. Para uma imagem invertida, y e y' sempre possuem sinais opostos, resultando em uma ampliação transversal m negativa (Doca; Biscuola; Bôas, 2020).

A Figura 8 ilustra uma imagem tridimensional formada por um espelho plano a partir de um objeto tridimensional. O sentido aparente da imagem está relacionado com o sentido do objeto da mesma forma que a mão esquerda está relacionada com a mão direita (Young; Freedman, 2016). Na Figura 8 observa-se que a imagem em um espelho plano é virtual, direita, invertida e tem o mesmo tamanho do objeto.

Figura 8: Característica da imagem em um espelho plano

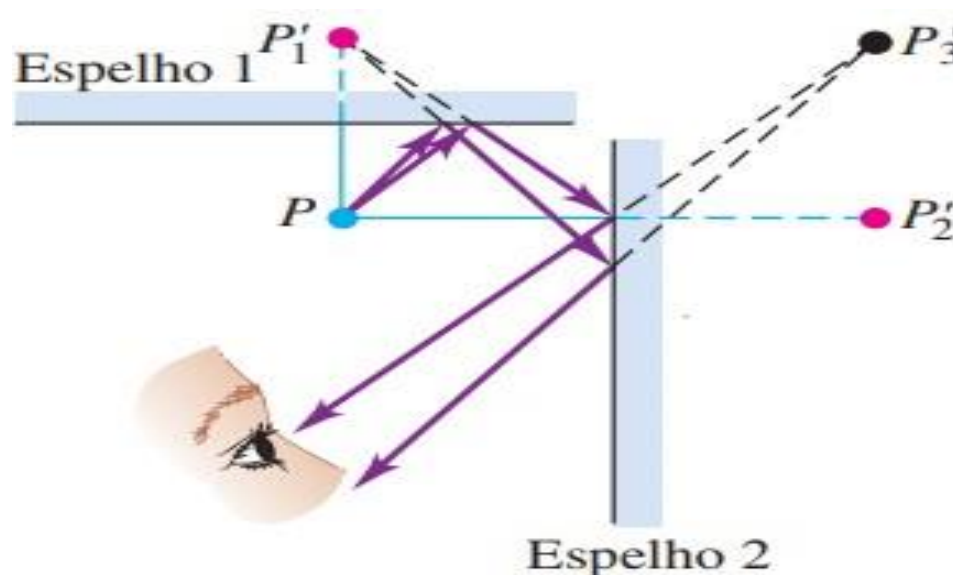


Fonte: Young e Freedman (2016).

É importante destacar que a afirmação "um espelho plano inverte as imagens direita e esquerda" não é precisa. Como observado na Figura 8, tanto a imagem vertical $P'Q'$ quanto a imagem horizontal $P'S'$ são paralelas às respectivas partes do objeto e não sofrem inversões. Apenas a imagem frontal $P'R'$ está de fato invertida em relação a PR . Portanto, seria mais apropriado afirmar que um espelho plano inverte as imagens de frente para trás. Quando um objeto e sua imagem se relacionam dessa maneira, dizemos que a imagem está invertida, o que significa que apenas a dimensão frontal (o sentido de frente para trás) sofre inversão (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

Em cenários onde uma imagem é formada por uma superfície refletora ou refratora, a imagem resultante pode ser usada como objeto para a formação de uma outra imagem em uma segunda superfície ou dispositivo (Halliday; Resnick; Walker, 2023). Isso é ilustrado na Figura 9, onde as imagens P_1' e P_2' são resultantes de uma única reflexão dos raios provenientes do ponto P do objeto, enquanto a imagem P_3' é formada por duas reflexões sucessivas de cada raio, podendo-se usar outras imagens como objeto intermediário.

Figura 9: Reflexões sucessivas no espelho plano



Fonte: Young e Freedman (2016).

Assim, o espelho 1 forma uma imagem P_1' de um objeto no ponto P , que é posteriormente usada como objeto para o espelho 2, formando a imagem P_2' . O espelho 1, por sua vez, utiliza a imagem P_2' do espelho 2 como objeto para formar uma nova imagem. Essa ideia é fundamental na óptica geométrica e será aplicada posteriormente para localizar

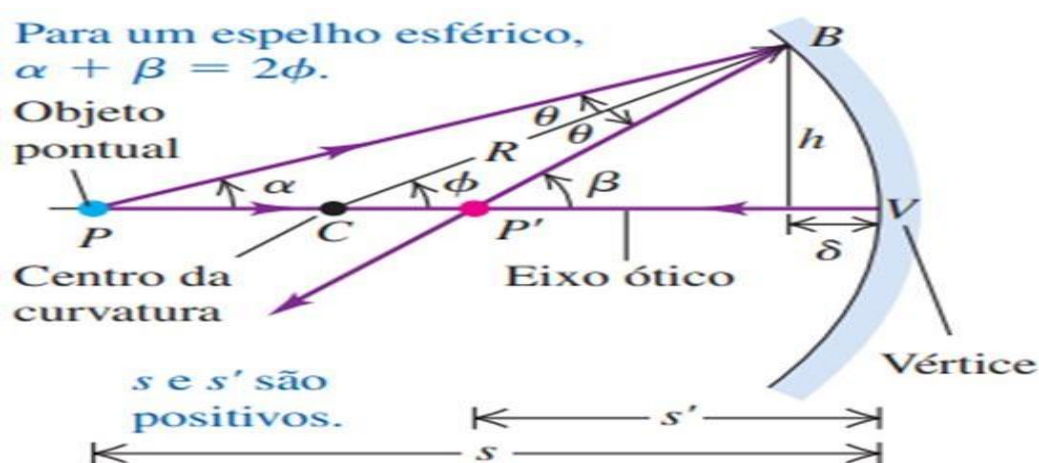
imagens sujeitas a duas refrações sucessivas em superfícies curvas, como as lentes em dispositivos ópticos como microscópios e telescópios refratores (Young; Freedman, 2016).

3.2 Reflexão e Refração em uma Superfície Esférica

Exploraremos agora a reflexão em superfícies esféricas, uma área que vai além da simplicidade dos espelhos planos. Espelhos planos nos dão imagens do mesmo tamanho que o objeto, mas muitas aplicações exigem imagens de diferentes tamanhos. Por exemplo, espelhos de maquiagem ampliam a imagem, enquanto espelhos de monitoramento a reduzem. Em algumas situações, deseja-se obter uma imagem real, na qual a luz converge em um ponto após a reflexão. Nesses casos, espelhos planos não servem. Apenas espelhos curvos podem cumprir essas demandas (Halliday; Resnick; Walker, 2023).

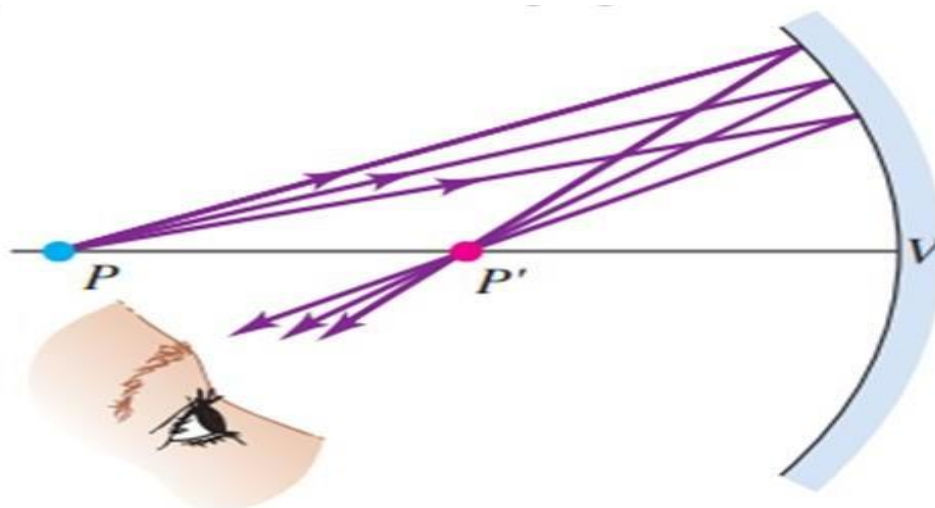
Vamos analisar a formação de imagens em espelhos esféricos, começando com um espelho esférico côncavo ilustrado na Figura 10a. Este espelho possui um raio de curvatura (R) e é côncavo, ou seja, curvado para dentro em direção à luz incidente. O centro de curvatura (C) é o centro da esfera da qual o espelho faz parte, e o vértice (V) é o centro da superfície refletora. O ponto P é o objeto que consideraremos no eixo óptico. Para simplificar, assumiremos que a distância entre P e V é maior que R (Young; Freedman, 2016). A Figura 10a e Figura 10b mostra que um espelho esférico côncavo cria uma imagem real de um objeto pontual P no eixo óptico do espelho. (b) O olho percebe alguns raios refletidos e os interpreta como se viessem de uma fonte em P' .

Figura 10a: formação de uma imagem real em um espelho côncavo



Fonte: Young e Freedman (2016)

Figura 10b: Aproximação paraxial no espelho côncavo



Fonte: Young e Freedman (2016)

Vamos analisar um raio de luz PV que passa pelo centro de curvatura C e atinge o espelho perpendicularmente, sendo refletido de volta na mesma direção. Além disso, o raio PB, que forma um ângulo α com o eixo, atinge o espelho em B, onde os ângulos de incidência e reflexão são designados por θ . Esse raio refletido intercepta o eixo no ponto P'. Perceberemos que todos os raios provenientes de P se encontram em P' (desde que o ângulo α seja pequeno), como ilustrado na Figura 10b. Portanto, P' é uma imagem real.

Seguindo as regras de sinais mencionadas anteriormente, podemos determinar os sinais adequados para s , s' e R . onde: s é a distância do objeto, medida a partir do vértice V; s' é a distância da imagem, também medida a partir de V e R é o raio de curvatura do espelho. O ponto objeto P está do mesmo lado do raio incidente, então s é positivo. O ponto imagem P' está do lado da luz refletida, então s' também é positivo. O centro de curvatura C também está do mesmo lado da luz refletida, tornando o raio de curvatura R positivo, ou seja, o centro de curvatura fica do mesmo lado que a luz refletida. Portanto, nossos sinais estão de acordo com as regras de sinais.

Agora, usando o teorema da geometria plana que afirma que o ângulo externo de um triângulo é igual à soma dos dois ângulos internos opostos. Aplicando este teorema aos triângulos PBC e P'BC indicados na Figura 10a, alcançamos:

$$\Phi = \alpha + \theta \text{ e } \beta = \Phi + \theta$$

Eliminando θ dessas equações, obtemos:

$$\alpha + \beta = 2\Phi \quad (\text{eq. 4.2})$$

Podemos calcular a distância da imagem s' quando o ângulo α é pequeno. Sejam h a altura do ponto B acima do eixo ótico e δ a pequena distância entre V e a base dessa linha vertical. Vamos escrever expressões para as tangentes dos ângulos α , β e Φ , lembrando que s , s' e R são grandezas positivas:

$$\tan(\alpha) = \frac{h}{s-\delta}; \quad \tan(\beta) = \frac{h}{s'-\delta} \quad e \quad \tan(\Phi) = \frac{h}{R-\delta}$$

No contexto trigonométrico, as equações que se apresentam não se revelam de solução trivial, como aquelas derivadas do estudo do espelho plano. Contudo, quando nos deparamos com um ângulo α pequeno, os ângulos β e Φ também se restringem a pequenas magnitudes. Nessa circunstância, a tangente de um ângulo significativamente inferior a um radiano assemelha-se, aproximadamente, ao próprio ângulo, medido em radianos. Dessa forma, é viável substituir, nas equações previamente mencionadas, a tangente de α por α , e assim sucessivamente. Ademais, diante do ângulo α minimizado, torna-se possível desconsiderar a distância δ quando comparada com s , s' e R . Por conseguinte, para ângulos pequenos, obtemos as seguintes relações aproximadas:

$$\alpha = \frac{h}{s}; \quad \beta = \frac{h}{s'} \quad e \quad \Phi = \frac{h}{R}$$

Substituindo esses valores na equação 4.2 e dividindo por h , obtemos uma equação geral envolvendo s , s' e R :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad (\text{eq. 4.3})$$

Essa relação é válida apenas para raios paraxiais, que são raios quase paralelos ao eixo óptico e muito próximos a ele. Quando o ângulo α é pequeno, todos os raios que emanam do ponto P e formam um ângulo suficientemente pequeno com o eixo do espelho se interceptam no ponto P', depois da reflexão. Tais raios, quase paralelos e próximos ao eixo, são conhecidos como raios paraxiais. Isso demonstra que, para raios paraxiais, um espelho côncavo convergente forma uma imagem real.

É crucial que a equação mencionada, juntamente com outras que abordaremos posteriormente, representa uma aproximação. Ela resulta de cálculos baseados em aproximações e se aplica apenas a raios paraxiais. Quando os ângulos α crescem, a posição do ponto P' onde os raios interceptam o eixo óptico fica mais próxima do vértice do que no caso de raios paraxiais, resultando em uma imagem "borrada". Essa propriedade é conhecida como aberração esférica. Espelhos parabólicos eliminam a aberração esférica e são usados em lanternas e faróis de carros para produzir feixes de luz paralelos.

3.2.1 Foco e distância focal

Quando o objeto está muito distante do espelho esférico (torna-se muito grande), os raios incidentes são quase paralelos ao eixo óptico e convergem após a reflexão, passando pelo ponto focal (F), que está a uma distância $R/2$ do vértice do espelho.

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad s' = \frac{R}{2}$$

A distância entre o foco e o vértice do espelho, representado por f , é a distância focal. Quando o objeto é colocado no foco (s igual a f), a imagem se forma no infinito, paralela ao eixo óptico. Portanto, todo raio paralelo ao eixo óptico é refletido através do foco, e qualquer raio que passe pelo foco é refletido paralelamente ao eixo óptico. Essas propriedades são válidas apenas para raios paraxiais em espelhos esféricos, mas em espelhos parabólicos, elas são rigorosamente válidas. Dessa forma, temos uma correspondência entre f e o raio de curvatura R :

$$f = \frac{R}{2} \quad (\text{eq. 4.4})$$

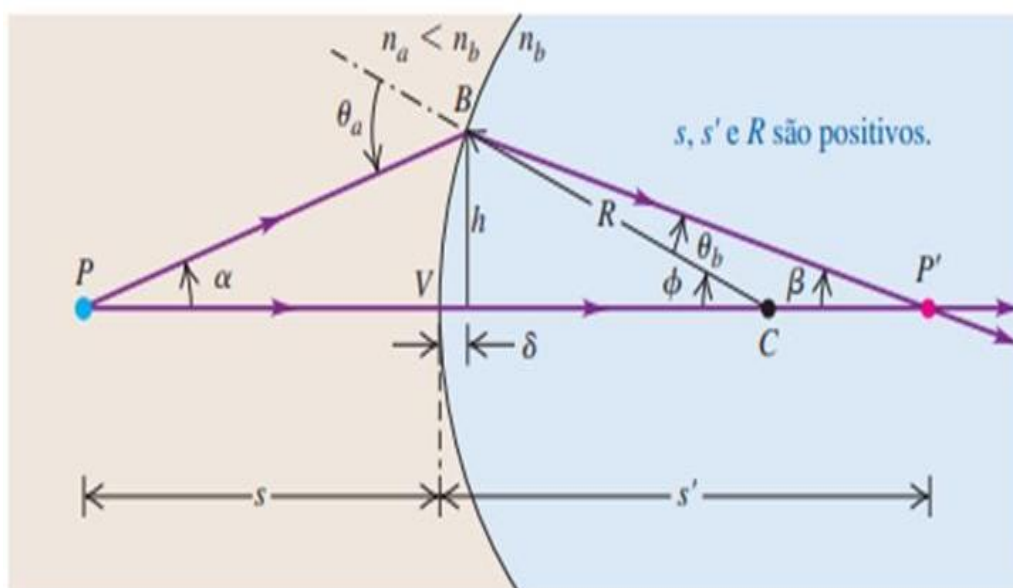
Assim, a reflexão em espelhos esféricos é uma área de estudo complexa, onde a posição e o tamanho da imagem formada dependem da distância do objeto ao espelho e do raio de curvatura. Para raios paraxiais, podem ser aplicadas relações aproximadas e os espelhos esféricos podem formar imagens reais ou virtuais, ampliadas ou reduzidas, dependendo das condições específicas. Espelhos parabólicos são preferidos quando se deseja evitar a aberração esférica, e os conceitos de foco e distância focal desempenham um papel essencial na formação das imagens em espelhos esféricos. Entretanto, geralmente expressamos a relação entre as distâncias da imagem e do objeto, em termos da distância focal f como na equação 4.5:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (\text{eq. 4.5})$$

3.3 Refração em uma Superfície Esférica

Na Figura 11, temos uma superfície esférica de raio R que separa dois materiais com diferentes índices de refração, n_a e n_b . Esta superfície forma uma imagem P' de um objeto pontual P , buscamos compreender a relação entre as distâncias do objeto e da imagem (s e s'). Vamos aplicar as mesmas regras de sinais que usamos para espelhos esféricos. A Figura 11 mostra a formação da imagem para determinar a posição do ponto imagem P' de um ponto objeto P formado por refração em uma superfície esférica.

Figura 11: Formação da imagem para determinar a posição do ponto imagem P'



Fonte: Young e Freedman (2016).

O centro de curvatura C está do lado dos raios que emergem da superfície, o que significa que R é positivo. O raio PV incide perpendicularmente à superfície, passando pelo ponto V . Ele atravessa a interface sem desvio. Já o raio PB incide com um ângulo α em relação ao eixo, formando os ângulos θ_a e θ_b em relação à normal da superfície antes e após a refração. Os raios emergentes se encontram no ponto P' , que está a uma distância s' do lado direito do vértice. Na figura, assumimos que n_a é menor que n_b , portanto, as distâncias do objeto e da imagem são ambas positivas.

Agora, vamos demonstrar que, quando o ângulo α é pequeno, todos os raios provenientes de P convergem para o mesmo ponto P', tornando P' a imagem real de P. Vamos usar um raciocínio semelhante ao que usamos para analisar espelhos esféricos na Seção 3.2, especificamente na Figura 10a. Usaremos o teorema que afirma que a soma dos ângulos externos de um triângulo é igual à soma dos ângulos internos opostos. Aplicando esse teorema aos triângulos PBC e P'BC, obtemos:

$$\alpha = \theta_a + \Phi \text{ e } \Phi = \beta + \theta_b \quad (\text{eq. 4.6})$$

A lei da refração descreve a relação entre os ângulos de incidência e refração da luz, expressa pela equação abaixo:

$$n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$

Da mesma forma, as tangentes dos ângulos α , β e Φ são:

(eq. 4.7)

$$\tan(\alpha) = \frac{h}{s-\delta}; \quad \tan(\beta) = \frac{h}{s'-\delta} \text{ e } \tan(\Phi) = \frac{h}{R-\delta}$$

(eq. 4.7)

Para ângulos pequenos,

$$\tan \theta_a = \sin \theta_a \text{ e } \tan \theta_b = \sin \theta_b \quad (\text{eq. 4.8})$$

Neste cenário, uma superfície esférica de raio R separa dois materiais com diferentes índices de refração, formando uma imagem P' de um objeto P. Para raios paraxiais, as distâncias do objeto (s) e da imagem (s') estão relacionadas pela equação:

$$\frac{n_a y}{s} = \frac{n_a y'}{s'}$$

(eq. 4.9)

Essa equação é válida tanto para superfícies refratoras côncavas quanto convexas, desde que as regras de sinais sejam aplicadas corretamente. A ampliação transversal (m) é determinada por:

$$m = \frac{n_a y'}{s'} \quad (\text{eq. 4.10})$$

Em uma superfície refratora plana, onde $R = 0$, a ampliação é sempre 1, o que significa que a imagem tem o mesmo tamanho e orientação que o objeto.

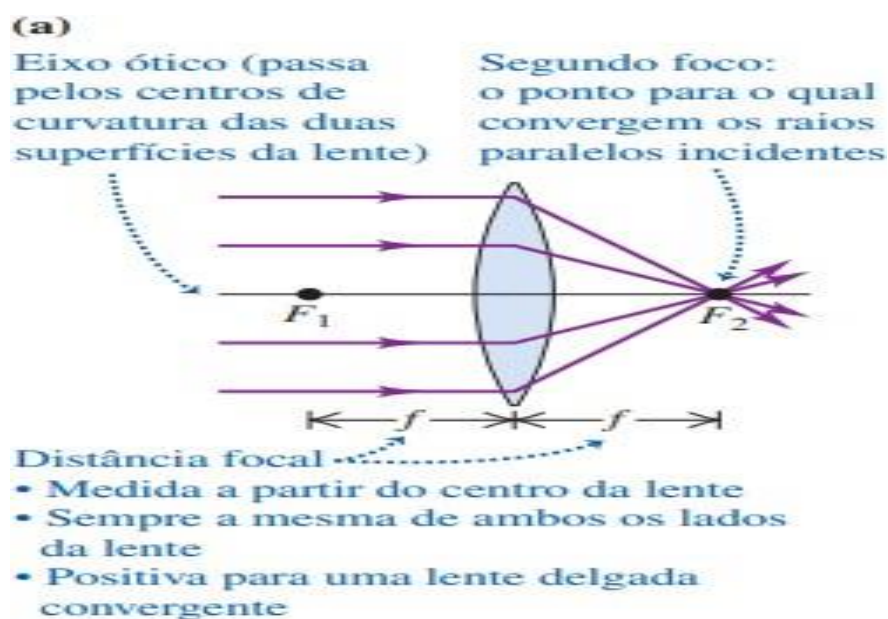
Esse princípio também explica fenômenos como a aparência de objetos submersos, como canudos ou remos, que podem parecer dobrados quando vistos de certos ângulos sob a água.

3.4 Lentes Delgadas

Uma lente delgada é um dispositivo óptico com duas superfícies refratoras próximas o suficiente para ignorarmos sua espessura, como as lentes usadas em óculos ou lentes de contato.

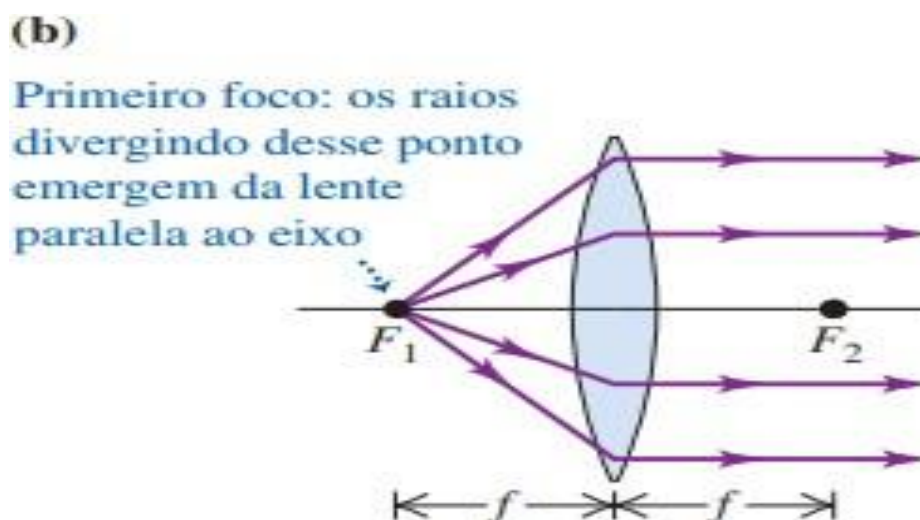
Existem dois tipos de lentes: convergentes e divergentes. As lentes convergentes têm a propriedade de fazer com que raios paralelos ao seu eixo ótico se encontrem em um ponto chamado segundo foco (F_2) formando uma imagem real. O primeiro foco (F_1) é o ponto de onde os raios emergem paralelos após passar pela lente. A distância entre o centro da lente e o foco é chamada de distância focal (f), que é uma quantidade positiva para lentes convergentes, conforme ilustrado na Figura 12a e Figura 12b. Nas lentes convergentes delgadas, os focos F_1 e F_2 estão relacionados à distância focais f , que assume um valor positivo para este tipo de lente.

Figura 12a: Lentes com raios convergindo para o foco F_2



Fonte: Young e Freedman (2016).

Figura 12b: Lentes com raios divergindo do foco F_1



Fonte: Young e Freedman (2016).

As lentes convergentes são semelhantes aos espelhos côncavos na forma como focalizam a luz. A linha horizontal central da lente é chamada de eixo óptico. A distância focal (f) é a mesma para uma lente convergente, independentemente das curvaturas das superfícies. A equação da relação objeto-imagem para lentes delgadas é dada pela eq. 4.5:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

A ampliação transversal (m) de uma imagem formada por uma lente delgada é dada por:

$$m = -\frac{s'}{s}$$

O sinal negativo indica que a imagem é invertida quando o objeto está antes da lente.

3.5 Câmeras

Uma câmera básica inclui uma lente convergente, um compartimento hermético, um obturador para controlar o tempo de exposição e um meio sensível à luz, como um sensor eletrônico ou filme. A lente cria uma imagem invertida do objeto a ser fotografado. Lentes de alta qualidade corrigem aberrações.

A escolha da distância focal da lente em uma câmera depende do tamanho do sensor ou filme e do ângulo de visão desejado. Lentes de distância focal grande (telefoto) oferecem zoom e um ângulo de visão menor, enquanto lentes de distância focal curta (grande angular) proporcionam um ângulo mais amplo.

O número f de uma lente, determinado pela razão entre a distância focal e o diâmetro da abertura, controla a quantidade de luz que atinge o filme ou sensor. Valores maiores de número f representam aberturas menores e menor exposição à luz.

As lentes de zoom oferecem uma variedade de distâncias focais em um único conjunto. Projetores digitais funcionam de maneira inversa, projetando imagens de pixels invertidos em uma tela a partir de uma lente.

3.6 O Olho Humano

O olho humano funciona de maneira semelhante a uma câmera, com a córnea e o cristalino atuando como lentes para formar uma imagem invertida sobre a retina. A íris controla a quantidade de luz que entra através da pupila. Os receptores na retina capturam a imagem e a enviam para o cérebro.

O olho é capaz de ajustar sua distância focal por meio do músculo ciliar para focar objetos em diferentes distâncias, chamado de processo de acomodação. O ponto mais distante

em que o olho pode ver nitidamente é chamado de ponto distante, enquanto o ponto mais próximo é conhecido como ponto próximo.

Defeitos comuns na visão, como miopia e hipermetropia, ocorrem quando a imagem não é focada corretamente na retina. Esses problemas podem ser corrigidos com o uso de óculos ou lentes de contato. O astigmatismo é outro defeito em que a córnea não é uniforme, causando distorção na visão. Lentes cilíndricas podem corrigir o astigmatismo.

A correção da visão é medida em dioptrias, com valores positivos para miopia e hipermetropia e valores negativos para lentes divergentes que corrigem o astigmatismo. As receitas de óculos incluem informações sobre a potência da lente esférica, a potência da lente cilíndrica e seu eixo de orientação, quando necessário.

Na próxima seção, apresentaremos os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. Iniciaremos com a caracterização do estudo, delineando sua natureza e abordagem. Em seguida, discutiremos a seleção dos participantes, descrevendo de forma detalhada quem são os envolvidos na pesquisa. Abordaremos também as técnicas e instrumentos utilizados para a produção e coleta de dados, fornecendo *insights* sobre a metodologia empregada. Por fim, detalharemos os procedimentos de análise de dados que serão aplicados para extrair informações relevantes e fundamentar nossas conclusões. Esta seção é fundamental para compreender a base metodológica que sustenta o desenvolvimento e os resultados da pesquisa.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, apresentamos a abordagem metodológica que norteia a pesquisa, a qual é de natureza qualitativa, fundamentada na teoria sociocultural de Vygotsky (1978), com aplicação em um Jogo de Tabuleiro voltado para o desenvolvimento das habilidades socioemocionais de alunos diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista. Essa abordagem metodológica é guiada pelos objetivos e pela problemática que foram estabelecidos na introdução deste estudo, com o propósito de conseguir alcançar os alunos com TEA para seu pleno desenvolvimento.

4.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa científica, enquanto empreendimento investigativo, pode adotar diversas abordagens, distintamente qualitativas e/ou quantitativas, cada uma com seus atributos e finalidades intrínsecas. A pesquisa quantitativa, notabilizada por medições numéricas e procedimentos estatísticos, busca sua essência na quantificação minuciosa, como instrumento para mensurar, analisar e avaliar, com precisão métrica, a aplicabilidade de recursos e técnicas (Marconi; Lakatos, 2021; Gil, 2022).

Em contrapartida, a pesquisa que se pretende conduzir assume uma inerente natureza qualitativa, fundamentada pela abordagem teórica proposta por Vygotsky. A estrutura sociocultural vygotskiana proporciona um sólido substrato teórico para analisar, de maneira minuciosa, as interações entre os participantes imersos no contexto do Jogo de Tabuleiro e suas ressonâncias nas tramas das habilidades socioemocionais. Esta pesquisa, inabalavelmente, adere à ortodoxia do rigor metodológico, congruente com os cânones da pesquisa qualitativa (Lüdke; André, 2018).

Minayo (2016) enfatiza que as abordagens qualitativas, enquanto ferramentas de pesquisa no contexto das ciências sociais destacam-se pelo seu propósito em penetrar no universo complexo dos significados. Enquanto as pesquisas quantitativas se concentram no caminho estatístico construindo modelos explicativos e a descrição de fenômenos. Deste modo, a abordagem qualitativa, de forma apropriada, descreve as nuances dos significados atribuídos pelos sujeitos aos acontecimentos sociais.

Por fim, destacamos a necessidade de abordagem ética na pesquisa, contemplando a obtenção do consentimento informado dos participantes, a salvaguarda do anonimato e da confidencialidade e a submissão a rigorosas avaliações éticas, quando necessário. A ética da

pesquisa é a bússola que guia nossa trajetória investigativa, assegurando que nosso trabalho seja realizado em consonância com os mais elevados padrões de integridade científica e respeito pelos direitos e dignidade dos participantes.

Neste quadro, a pesquisa, cuidadosamente planejada e estruturada, emerge como uma jornada intelectual que alia a profundidade analítica da abordagem qualitativa com a precisão métrica da abordagem quantitativa, uma busca incessante pelos significados subjacentes aos fenômenos sociais e à compreensão holística da complexidade inerente aos processos socioculturais em jogo.

4.2 Participantes da Pesquisa

Inicialmente, entramos em contato com a 20ª Gerência Regional de Educação do estado do Piauí, que abrange as unidades de ensino pública situadas na região leste de Teresina. Solicitamos os nomes das escolas e as respectivas quantidades de alunos com Transtorno do Espectro Autista matriculados na 2ª série do Ensino Médio. Obtivemos o retorno da 20ª GRE da seguinte forma, conforme a lista a seguir:

Escolas públicas que não têm alunos contemplados na série solicitada:

- CETI DARCY ARAÚJO
- CETI MARIA MELO
- U.E. MELVIN JONES
- U.E. LOURDES REBELO
- CETI JOSÉ AMÁVEL
- U.E. GERVÁSIO COSTA

Visando aprimorar a assertividade na aplicação do Produto Educacional (PE) FISMAX – UMA JORNADA INCLUSIVA PELA ÓPTICA GEOMÉTRICA, as escolas mencionadas foram cuidadosamente reavaliadas e, devido à ausência de alunos com TEA matriculados na 2ª série do Ensino Médio, não se configuraram como foco principal de investigação da pesquisa.

Escolas Públicas com alunos contemplados na série solicitada:

- CETI MONS. RAIMUNDO NONATO MELO – 2 alunos

Por duas tentativas sem sucesso, a aplicação do PE não foi realizada devido a motivos particulares dos alunos e de suas famílias. O aluno A, se recusou a participar da pesquisa por me considerar um estranho e, mesmo com a intervenção da direção da escola, manteve-se firme em sua decisão. O aluno B, não obteve a autorização dos pais para participar da pesquisa.

Dando continuidade, na escola a seguir, tínhamos a presença de quatro alunos com TEA, três deles pertenciam ao 9º ano do Ensino Fundamental e um pertencia ao 2º ano do Ensino Médio.

- U. E. PROF. RAIMUNDO PORTELA – 1 aluno

Portanto, obtivemos sucesso na aplicação do Produto Educacional na escola, a direção e a coordenação foram bem receptivas e contribuíram para a realização da pesquisa.

Em Timon, no Maranhão, tivemos sucesso na aplicação do Produto Educacional em uma escola pública com alunos da 1ª série do Ensino Médio. O Colégio Militar Tiradentes V foi a instituição escolhida, onde dois alunos participaram ativamente das interações.

Escola Pública com alunos contemplados na 1ª série do Ensino Médio:

- COLÉGIO MILITAR TIRADENTES V – 2 alunos

Na instituição, tivemos sucesso na aplicação do PE com os dois alunos, que participaram de forma engajada das atividades com o Jogo de Tabuleiro, interagiram com os colegas de classe e também com o professor aplicador. O coordenador pedagógico da escola e o comandante foram bem receptivos a pesquisa.

Além das escolas públicas, optou-se por realizar a aplicação do Produto Educacional também em uma instituição privada, como forma de testar a aplicabilidade em contextos diferentes, o que contribuiu para enriquecer o alcance e a profundidade da pesquisa. Escola escolhida para essa etapa:

- COLÉGIO MILITAR PRIVADO BATALHA DO RIACHUELO – 1 aluno

Nesta instituição de ensino na cidade de Teresina-PI, o Produto Educacional (PE) foi aplicado com um aluno de difícil comunicação. Porém levando em consideração o experimento pedagógico alternativo (Jogo de Tabuleiro) alcançamos sucesso na aplicação. O coordenador pedagógico e o comandante da escola demonstraram grande acolhimento em relação à pesquisa.

Os participantes desse estudo foram quatro alunos, três cursando a 1ª série do Ensino Médio e um cursando 2ª série do Ensino Médio, todos portadores de TEA, com idades entre 13 a 16 anos. Esse grupo de estudantes apresenta uma heterogeneidade notável, com diferentes suportes educacionais e necessidades pessoais específicas.

4.3 Técnicas, Instrumentos de Produção e Coleta de Dados

Inicialmente realizamos uma revisão bibliográfica detalhada para identificar as necessidades específicas de aprendizagem dos alunos no contexto do ensino de Óptica Geométrica, destacando as características que influenciam a compreensão de conceitos científicos (Marconi; Lakatos, 2021). Além disso, utilizamos a análise de conteúdo dos materiais didáticos de Óptica Geométrica, identificando as palavras e conceitos científicos que podem ser de difícil compreensão para alunos portadores de TEA (Gil, 2022).

A técnica de análise de conteúdo é usada em pesquisas qualitativas, conforme (Bardin, 2002). O pesquisador explora as mensagens para deduzir informações sobre o emissor ou contexto. Bardin diz que essa técnica permite ao analista tirar conclusões lógicas. Além disso, (Henry e Moscovice, 1968), afirmam que qualquer material, seja escrito ou falado, pode ser analisado para entender melhor.

A análise de conteúdo usa instrumentos como questionários, observações e fotografias. Bardin (2002) diz que a análise não é apenas descrever os conteúdos, mas descobrir o que eles podem nos ensinar, como classificações. A autora diz que os conhecimentos dos conteúdos podem ser diferentes, sejam psicológicos, sociológicos, históricos ou econômicos. O foco é deduções baseadas em dados, chegando a uma conclusão. Inferir é tirar conclusões com base em outras informações. A análise de conteúdo faz inferências sobre as condições em que uma mensagem foi produzida ou recebida, utilizando indicadores que podem ser quantitativos ou qualitativos, conforme (Sena, 2022 *apud* Bardin, 2011)

Através das observações diretas das interações dos alunos com TEA durante a utilização do Jogo de Tabuleiro, registramos comportamentos, estratégias de aprendizagem e níveis de engajamento. Conduzimos entrevistas semiestruturadas com os alunos, explorando suas percepções sobre o Jogo de Tabuleiro, como eles o utilizam como ferramenta de aprendizagem e quais desafios ou benefícios identificam. Aplicamos questionários para avaliar quantitativamente o nível de compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica antes e depois da utilização do Jogo de Tabuleiro (Lüdke; André, 2018).

Por fim, registramos em vídeo as interações sociais dos alunos durante as atividades com o Jogo de Tabuleiro, analisando comportamentos sociais e comunicação não verbal. Essas técnicas e instrumentos de produção e coleta de dados possibilitaram uma análise abrangente das potencialidades do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora no ensino de Óptica Geométrica para alunos com TEA, permitindo a compreensão das necessidades específicas desses alunos e as contribuições dessa abordagem para sua aprendizagem (Gil, 2022).

4.4 Procedimentos de Análise de Dados

Realizamos uma análise de conteúdos e estudos teóricos para identificar as necessidades específicas de aprendizagem dos alunos com TEA no contexto do ensino de Física. Utilizaremos técnicas para identificar as palavras e conceitos científicos que podem ser de difícil compreensão para alunos com TEA, com foco na Óptica Geométrica (Gil, 2022).

Conduzimos uma análise descritiva e comparativa do Jogo de Tabuleiro adaptado, avaliando a sua estrutura, componentes e adequação para a mediação da aprendizagem de conceitos de Óptica Geométrica para esses alunos. Além de realizar uma análise qualitativa das interações e experiências dos alunos com TEA durante o uso do Jogo de Tabuleiro, identificamos contribuições e impactos na sua aprendizagem de Óptica Geométrica. Aplicamos escalas padronizadas para avaliar as habilidades socioemocionais dos alunos antes e depois da utilização do Jogo de Tabuleiro, e realizamos a análise estatística para identificar possíveis melhorias (Lüdke; André, 2018).

Assim sendo, na próxima seção, apresentaremos detalhadamente o Produto Educacional desenvolvido, denominado "Jogo de Tabuleiro FisMax". Abordaremos suas características, com ênfase nas adaptações específicas para alunos com TEA, incluindo a estrutura do tabuleiro, níveis de dificuldades, cartas niveladas, sensibilidade sensorial, rotina e previsibilidade. Discutiremos as regras do jogo e sua vinculação com os objetivos da pesquisa, destacando como o tabuleiro se alinha com os propósitos do estudo. Além disso, exploraremos os métodos de avaliação e acompanhamento da aplicação do jogo, fornecendo uma visão abrangente do desenvolvimento e implementação do Produto Educacional.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos e as discussões, conforme indicado pelo Comunicado SBF/MNPEF 07-2018, decorrentes da implementação do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora no processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica para alunos do Ensino Médio portadores de autismo. Antes de abordar diretamente os resultados, é importante mencionar que o jogo foi inicialmente aplicado em uma turma regular composta por 40 alunos.

5.1 Resultados e Discussões Preliminares com a Turma Regular

Realizou-se uma investigação sobre as potencialidades do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora no processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica para alunos do Ensino Médio. Tal estudo compreendeu a aplicação do Jogo de Tabuleiro com uma turma regular constituída por 40 alunos matriculados no 2º ano do Ensino Médio, visando investigar seu êxito e recepção como ferramenta educacional no contexto da Óptica Geométrica. Bem como, identificar as dificuldades enfrentadas por esses alunos na assimilação dos conteúdos de Física, incluindo suas dificuldades em Matemática, com foco no contexto do ensino de Óptica Geométrica.

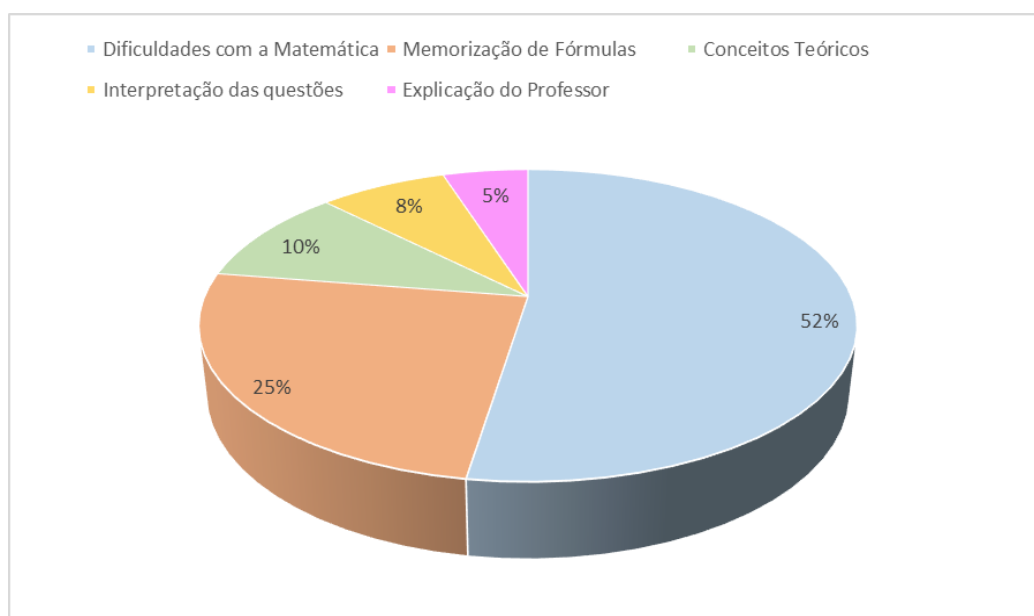
Os resultados obtidos forneceram dados significativos sobre o impacto do jogo na aprendizagem desses alunos.

5.1.1 Análise das respostas do teste inicial

O teste inicial foi elaborado para avaliar a compreensão dos alunos sobre a disciplina de Física, suas necessidades individuais de aprendizado e suas expectativas em relação ao ensino de tópicos específicos, como Óptica Geométrica. A seguir estão as perguntas formuladas para este propósito, descritas por meio de gráficos.

No Gráfico 1, apresentamos os resultados da Questão 1.

Gráfico 1: Resultados da Questão 1 do Teste Inicial: Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física?

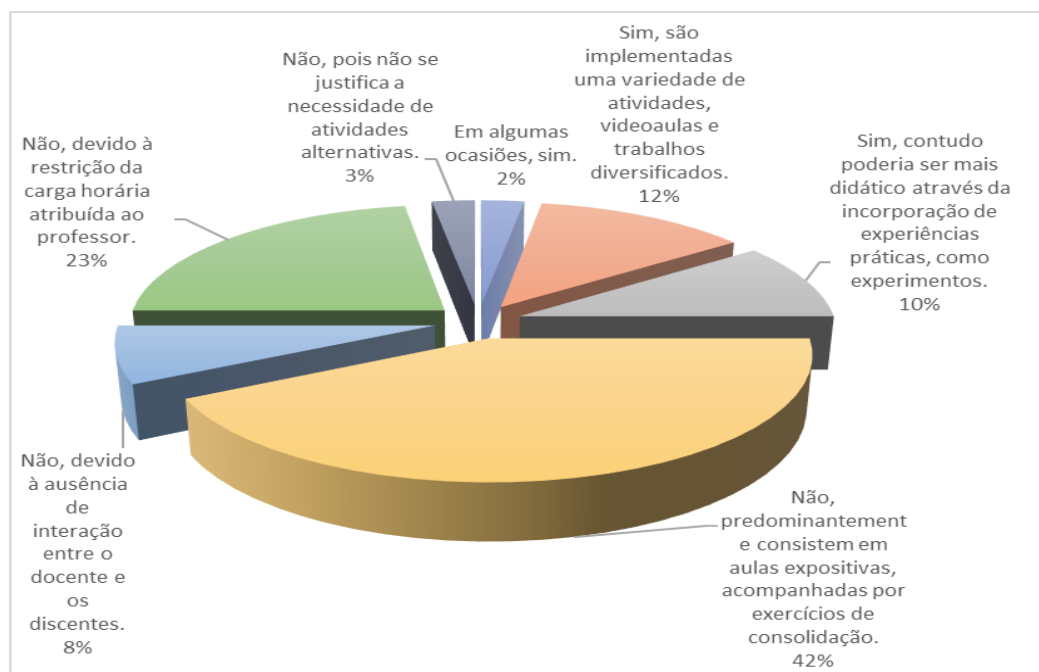


Fonte: Elaborado pelo autor

Entre os 40 participantes, os resultados revelaram que a maioria, representando 52%, enfrenta desafios significativos relacionados à aplicação da matemática. Em segundo lugar, 25% dos alunos apontaram dificuldades na memorização de fórmulas. Em um nível menor de prevalência, apenas 10% dos alunos identificaram obstáculos relacionados aos conceitos teóricos, enquanto 8% destacaram dificuldades na interpretação das questões e na execução de seus respectivos métodos de resolução. Por fim, uma minoria de 5% dos alunos expressou insatisfação com a explicação fornecida pelos professores. Esses resultados salientam áreas específicas nas quais os estudantes podem necessitar de apoio adicional ou recursos suplementares para aprimorar seu desempenho na disciplina de Física.

No Gráfico 2 apresentamos as respostas dos alunos à Questão 2 do Teste Inicial.

Gráfico 2: Resultados da Questão 2 do Teste Inicial: O professor de Física oferece atividades alternativas de acordo com as suas necessidades? Se sim, quais são essas atividades? Se não, por que não?



Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas foram analisadas e categorizadas em sete opções, e as porcentagens de cada categoria foram calculadas em relação ao total de alunos (40) para fornecer uma representação visual clara da distribuição das respostas.

Observa-se que a maioria dos alunos (42%) indicou que o professor não desenvolve atividades alternativas, optando principalmente por aulas expositivas com exercícios de fixação. Um número significativo de alunos (23%) também expressou a falta de atividades alternativas devido à carga horária limitada do professor.

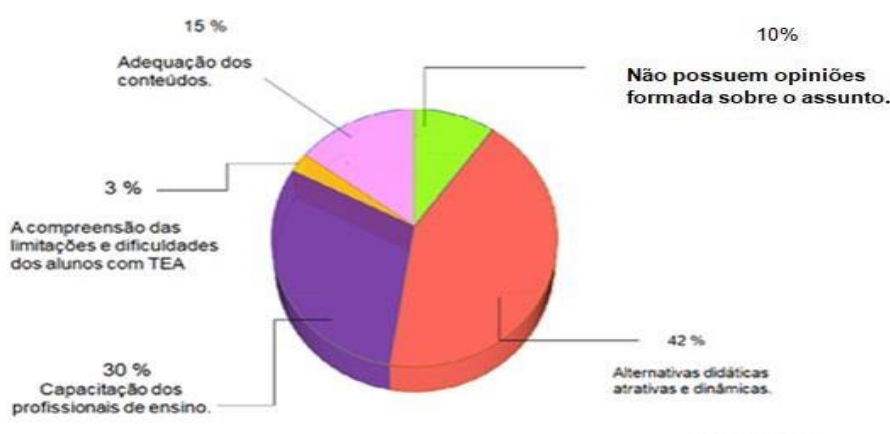
Entretanto, uma fração menor de estudantes mencionou que o professor incluiu atividades alternativas em suas aulas. Esse grupo inclui aqueles que afirmaram que o professor poderia ser mais didático com experimentos (10%), aqueles que relataram a presença de atividades diversificadas, incluindo videoaulas e trabalhos variados (12%), e aqueles que reconheceram que o professor, às vezes, desenvolve atividades alternativas foram apenas (2%).

Além disso, uma pequena proporção de alunos (8%) destacou a falta de interação do professor com os alunos como um fator que limita o desenvolvimento de atividades

alternativas. Outros poucos alunos (3%) mencionaram que não veem a necessidade de atividades alternativas nas aulas de Física. Essa análise dos dados revelou esclarecimentos importantes sobre as percepções dos alunos em relação às práticas pedagógicas do professor de Física e destacou áreas que podem requerer atenção adicional para melhorar a experiência do aprendizado.

O Gráfico 3 ilustra as respostas dos alunos à Questão 3 do Teste Inicial.

Gráfico 3: Resultados da Questão 3 do Teste Inicial: Em sua opinião, quais são as medidas que poderiam ser adotadas para aprimorar o ensino para pessoas com Transtorno do Espectro Autista?



Fonte: Elaborado pelo autor.

As opiniões foram categorizadas em cinco grupos, e as porcentagens de cada categoria foram calculadas em relação ao total de alunos entrevistados (40), proporcionando uma visão abrangente das preferências dos estudantes em relação a esse tema sensível.

Analisando os dados apresentados, observa-se que a maioria dos alunos (42%) expressou a preferência por estratégias didáticas alternativas, atrativas e dinâmicas para melhorar o ensino para pessoas com TEA. Em seguida, uma parcela significativa dos entrevistados (30%) reconheceu a importância da capacitação dos profissionais de ensino para lidar com essa população de forma mais ativa.

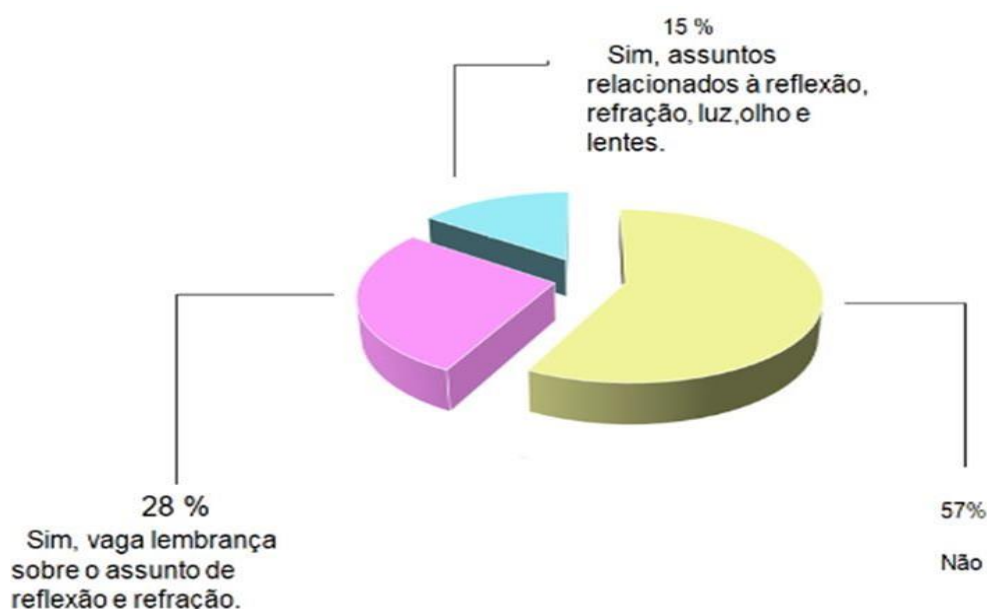
Uma pequena proporção dos alunos (10%) não expressou uma opinião formada sobre o assunto, enquanto apenas 3% dos entrevistados destacaram a necessidade de compreender as limitações e dificuldades específicas dos alunos. Por fim, uma parcela de (15%) dos alunos ressaltaram a importância da adequação dos conteúdos para atender às necessidades desses estudantes. Essa distribuição de respostas evidencia a diversidade de perspectivas dos alunos em relação às estratégias para melhorar o ensino para pessoas com TEA, destacando a

necessidade de abordagens pedagógicas mais inclusivas e adaptativas para atender às necessidades individuais desses estudantes.

O gráfico abaixo representa as respostas dos participantes à pergunta sobre possíveis melhorias no ensino para alunos com autismo. As respostas foram categorizadas em três opções, e as porcentagens foram calculadas em relação ao total de participantes (40) para fornecer uma visão precisa da distribuição das respostas.

O Gráfico 4 representa as respostas dos alunos a Questão 4.

Gráfico 4: Resultados da Questão 4 do Teste inicial: Você já teve contato com o conteúdo de Óptica Geométrica? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esse assunto?



Fonte: Elaborado pelo autor.

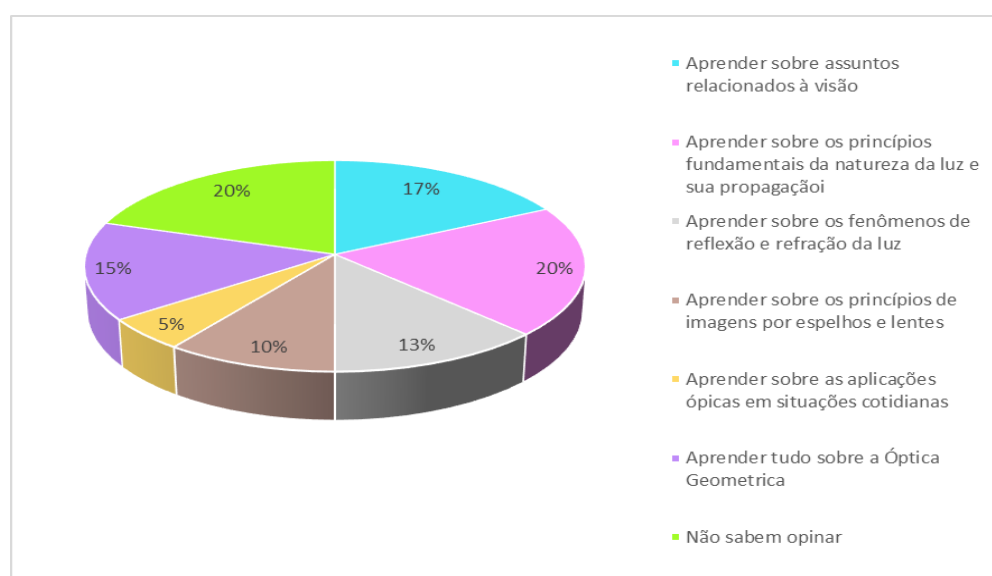
As respostas foram categorizadas em três opções e as porcentagens correspondentes calculadas em relação ao total de alunos participantes para oferecer uma visão abrangente da distribuição das respostas.

Como demonstrado no gráfico, a maioria dos alunos (57%) afirmou não ter ouvido falar sobre Óptica Geométrica. Dos alunos que já tinham conhecimento prévio, 28% relataram ter uma vaga lembrança sobre o assunto, especialmente em relação a reflexão e refração. Além disso, 15% dos alunos que já tinham ouvido falar sobre Óptica Geométrica lembraram-se de assuntos relacionados à reflexão, refração, luz, olhos e lentes.

Esses resultados indicam uma variedade de níveis de familiaridade dos alunos com o tema da Óptica Geométrica. A maioria dos alunos ainda não possui conhecimento inicial sobre o assunto, enquanto alguns têm lembranças específicas, especialmente relacionadas a conceitos fundamentais como reflexão e refração. Esses dados são fundamentais para orientar o planejamento e a abordagem do ensino desse conteúdo, garantindo que as estratégias educacionais sejam adequadas às necessidades e ao conhecimento prévio dos alunos.

O Gráfico 5 abaixo ilustra as respostas dos alunos à Questão 5 do Teste Inicial.

Gráfico 5: Resultados da Questão 5 do Teste inicial: Quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de Óptica Geométrica?



Fonte: Elaborado pelo autor.

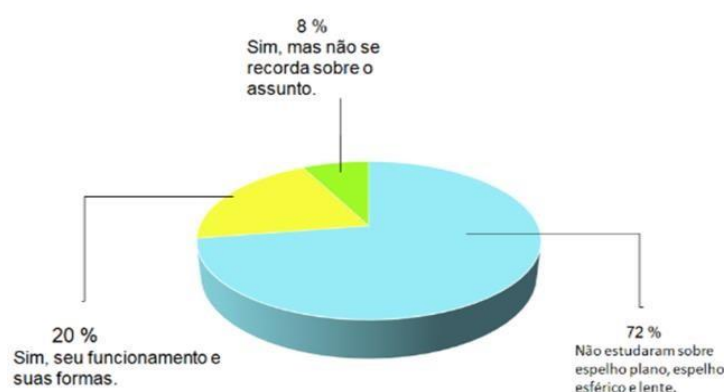
Os dados foram classificados em sete opções e as porcentagens foram calculadas com base no total de alunos participantes para oferecer uma visão detalhada da distribuição das respostas.

Como evidenciado no gráfico, as expectativas dos alunos em relação ao aprendizado em Óptica Geométrica são diversas. A maior parte dos alunos (20%) espera aprender sobre os princípios fundamentais da natureza da luz e sua propagação. Em seguida, (17%) dos alunos esperam aprender sobre assuntos relacionados à visão, enquanto (13%) esperam aprender sobre os fenômenos de reflexão e refração da luz. Além disso, (10%) dos alunos têm expectativas de aprender sobre os espelhos e lentes, e (5%) esperam aprender sobre as aplicações ópticas em situações cotidianas. Por fim, (15%) dos alunos esperam aprender tudo sobre a Óptica Geométrica, enquanto (20%) dos alunos não sabem opinar.

Esses resultados destacam a variedade de interesses e prioridades dos alunos em relação ao aprendizado em Óptica Geométrica. As informações obtidas são valiosas para orientar o planejamento de aulas futuras, visando atender às expectativas e necessidades dos alunos, promovendo assim uma experiência de aprendizado mais eficaz e engajadora.

O Gráfico 6 a seguir apresenta as respostas dos alunos à Questão 6 do Teste Inicial.

Gráfico 6: Resultados da Questão 6 do Teste inicial: Você já estudou sobre espelho plano, espelho esférico e lente? Se sim, quais foram os principais conceitos que você absorveu desses temas?



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram classificados em três opções e as porcentagens foram calculadas com base nos (40) participantes, para fornecer uma visão detalhada da distribuição das respostas.

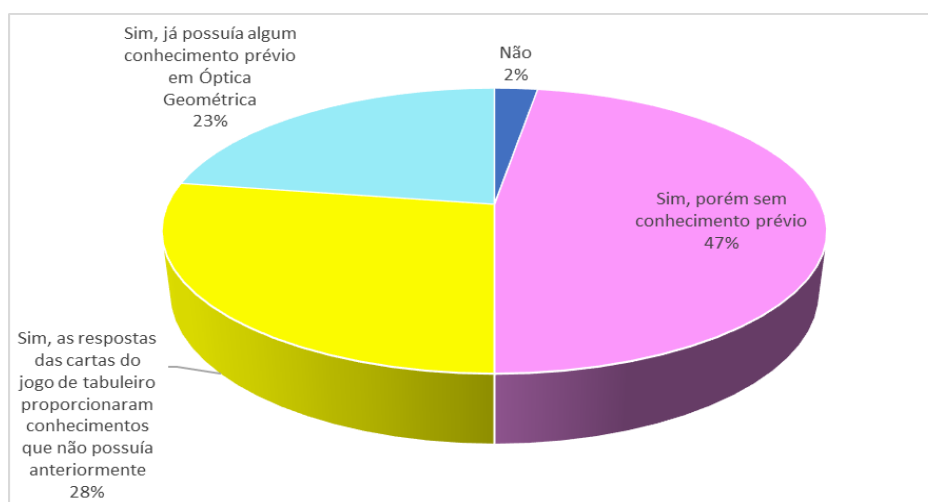
Conforme ilustrado no gráfico 6, a maioria dos alunos (72%) indicou que não estudou espelho plano, espelho esférico e lente. Dos alunos que estudaram 20% relataram aprender sobre o funcionamento e as formas desses objetos. Além disso, 8% dos alunos afirmaram ter estudado, mas não se recordam sobre o assunto.

Esses resultados revelam uma lacuna significativa no conhecimento dos alunos sobre esses conceitos de óptica. A maioria dos alunos ainda não teve a oportunidade de estudar espelho plano, espelho esférico e lente, o que destaca a importância de abordar esses tópicos de forma mais abrangente no currículo de Física. As informações obtidas são cruciais para orientar o planejamento de aulas futuras, visando oferecer uma educação mais completa e igualitária aos alunos.

5.1.2 Análise das respostas do teste final

O Gráfico 7 apresenta as respostas dos alunos à Questão 1 do Teste Final.

Gráfico 7:. Resultados da Questão 1 do Teste Final: A aula apresentada proporcionou conhecimentos além dos já adquiridos? Quais?



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram organizados em quatro categorias e, para a opção "Sim, já possuía algum conhecimento prévio em Óptica Geométrica", os conhecimentos adicionais adquiridos pelos alunos também foram identificados e contabilizados.

A maioria dos alunos (47%) indicou que a aula proporcionou conhecimentos além dos já conquistados, sendo que 11 alunos (28%) afirmaram que as respostas das cartas do Jogo de Tabuleiro proporcionaram conhecimentos que não possuíam anteriormente ou possuíam escassamente. Além disso, 9 alunos (23%) relataram já possuir algum conhecimento prévio em Óptica Geométrica, mas ainda assim adquiriram novos conhecimentos durante a aula. Dos alunos que já possuíam conhecimento prévio, a distribuição dos novos conhecimentos adquiridos foi a seguinte: Reflexão e Refração (56%), Defeitos da Visão ou do Olho (22%), Imagem Real e Virtual (11%), e Natureza da Luz (11%). Conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Ampliando novos conceitos de Óptica Geométrica com adição de novos tópicos.

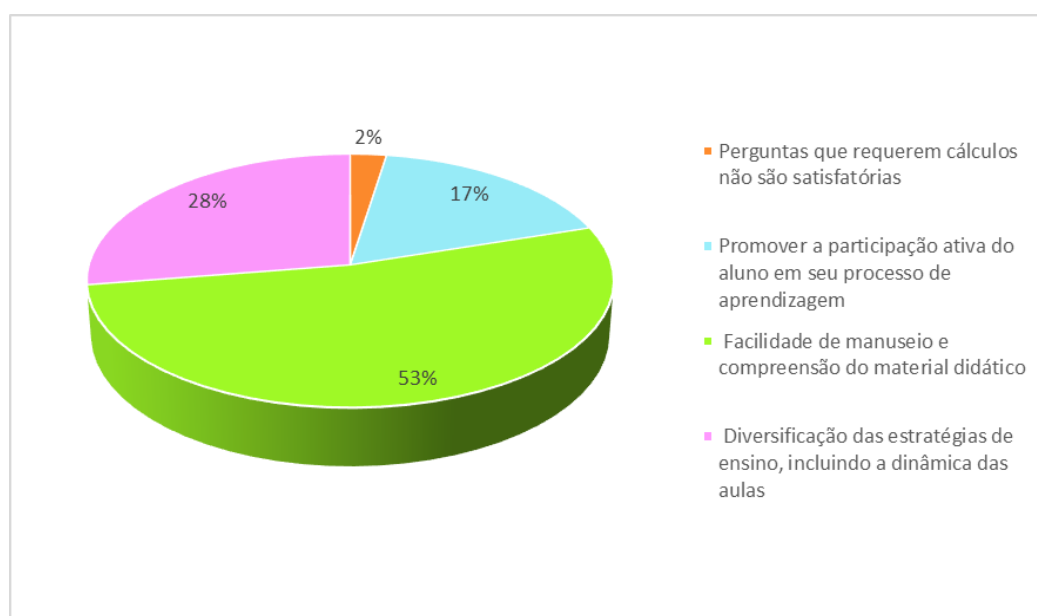
Quantidade de alunos	Resposta	Porcentagem
5	Reflexão e Refração	56%
2	Defeitos da Visão ou do Olho	22%
1	Imagem Real e Virtual	11%
1	Natureza da Luz	11%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses resultados demonstram que a aula de Óptica Geométrica foi eficaz na promoção da aquisição de novos conhecimentos, tanto para os alunos que já possuíam algum conhecimento prévio quanto para aqueles que não possuíam. A utilização de estratégias como o Jogo de Tabuleiro proporcionou uma experiência de aprendizado enriquecedora, permitindo que os alunos expandissem seu entendimento sobre conceitos fundamentais da Óptica Geométrica.

O Gráfico 8 ilustra as opiniões dos alunos sobre a Questão 2 do Teste Final.

Gráfico 8: Resultados da Questão 2 do Teste Final: Em sua opinião, qual a utilidade do material didático para a compreensão do assunto Óptica Geométrica? A qualidade foi satisfatória para você?



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram organizados em quatro categorias, e as porcentagens foram calculadas com base nos 40 alunos total que participaram da pesquisa.

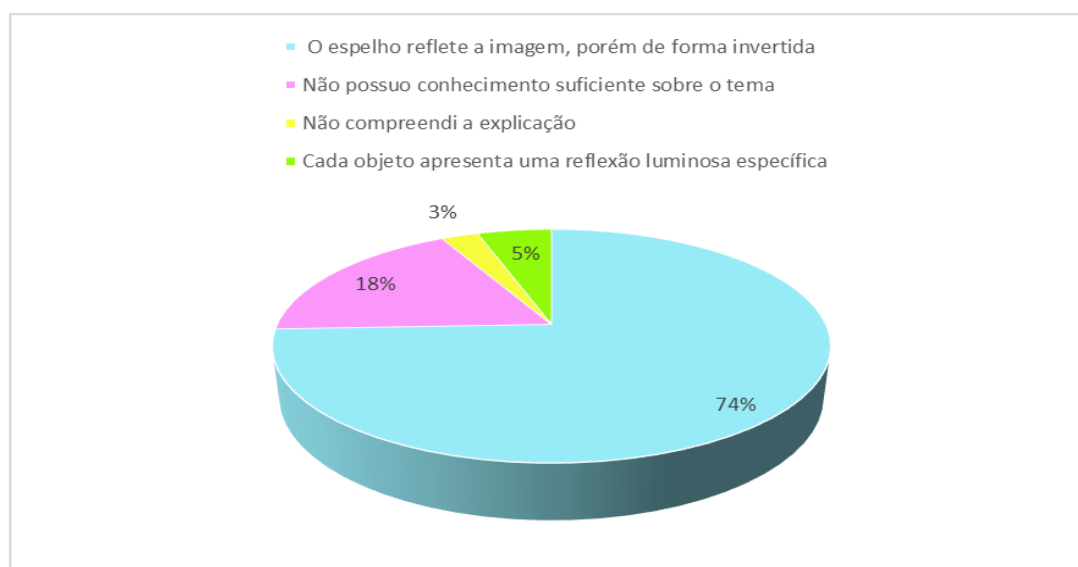
Como evidenciado no gráfico, a maioria dos participantes (53%) considerou que a facilidade de manuseio e compreensão do material didático foi satisfatória para o estudo da Óptica Geométrica. Além disso, uma parcela significativa dos entrevistados (28%) expressou a opinião de que a diversificação das estratégias de ensino, incluindo a dinâmica das aulas, contribuiu para uma compreensão mais eficaz do assunto. Por outro lado, uma minoria dos participantes (17%) indicou que promover a participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem foi fundamental para a utilidade do material didático. Por fim, apenas um

entrevistado (2%) manifestou insatisfação, apontando que perguntas que requerem cálculos não foram satisfatórias.

Essa distribuição revela uma variedade de percepções dos participantes sobre a eficácia do material didático em facilitar a compreensão da Óptica Geométrica. Enquanto a maioria valorizou a facilidade de uso e compreensão, outros destacaram a importância da diversificação das estratégias de ensino. Esses *insights* são fundamentais para orientar a melhoria contínua do material didático e promover uma aprendizagem mais eficaz e satisfatória para os estudantes.

O Gráfico 9 apresenta as respostas dos alunos à Questão 3 do Teste Final.

Gráfico 9: Resultados da Questão 3 do Teste Final: Explique, com suas palavras, o que você entendeu sobre espelho plano, espelho esférico e lentes?



Fonte: Elaborado pelo autor.

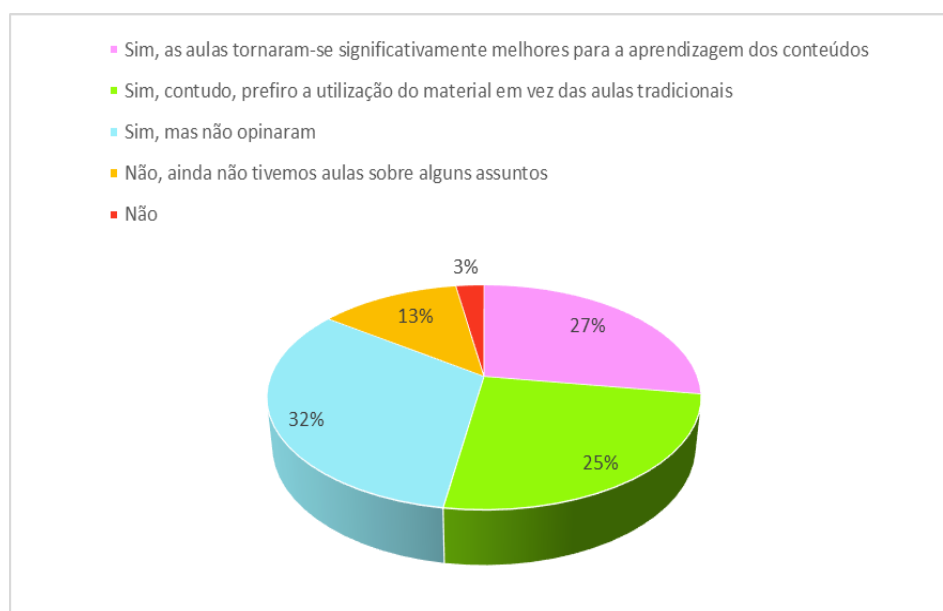
Os dados foram classificados em quatro grupos e as porcentagens foram calculadas com base no total de alunos participantes (40) para proporcionar uma análise completa da distribuição dos resultados.

Conforme ilustrado no gráfico 9, a maioria dos alunos (74%) afirmou entender que o espelho reflete a imagem, embora invertida, e forneceram outras informações sobre suas características. Um pequeno grupo de alunos (18%) expressou não ter um entendimento claro sobre o assunto, enquanto um único aluno (3%) indicou não ter compreendido a explicação sobre espelho plano, espelho esférico e lentes. Além disso, 5% dos alunos associaram cada elemento a um nível específico de nitidez.

Esses resultados destacam uma variedade de níveis de compreensão entre os alunos em relação a espelho plano, espelho esférico e lentes. Embora a maioria tenha algum entendimento básico, alguns alunos ainda enfrentam dificuldades para compreender esses conceitos. Essas informações são úteis para os educadores adaptarem suas abordagens de ensino, visando garantir que todos os alunos possam desenvolver uma compreensão sólida desses temas fundamentais da Óptica. Essas informações são úteis para os educadores ajustarem suas abordagens de ensino, visando melhorar a compreensão dos alunos e promover um aprendizado mais eficaz e significativo.

O Gráfico 10, adiante, ilustra as respostas dos alunos à Questão 4 do Teste Final.

Gráfico 10: Resultados da Questão 4 do Teste Final: Você consegue relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado?



Fonte: Elaborado pelo autor.

As informações foram classificadas em cinco grupos distintos, e as porcentagens foram calculadas considerando o total de (40) estudantes, com o objetivo de fornecer uma visão precisa da divisão das respostas.

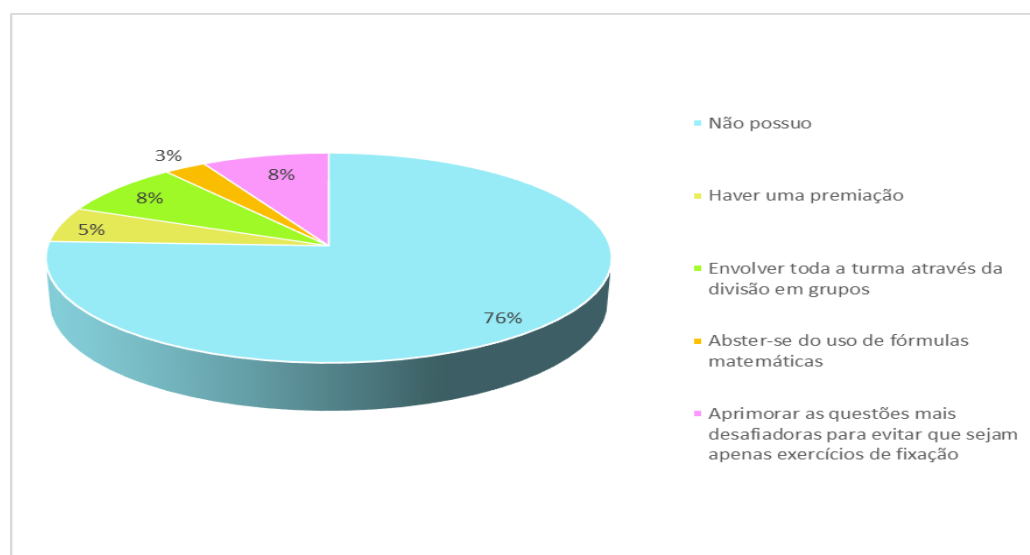
Como observado no gráfico 10, a maioria dos alunos (32%) afirmou que era possível relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado, sem fornecer especificações adicionais. Além disso, 11 alunos (27%) expressaram que as aulas melhoraram potencialmente a aprendizagem dos conteúdos, enquanto 10 alunos (25%) preferiram a utilização do material didático em vez das aulas tradicionais. Outros 5 alunos

(13%) indicaram que ainda não haviam tido aulas sobre alguns dos assuntos, impedindo a relação entre as aulas e o material didático. Por fim, apenas 1 aluno (3%) respondeu que não conseguia relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado.

Esses resultados destacam a variedade de percepções dos alunos em relação à eficácia do material didático em complemento às aulas ministradas. Enquanto alguns alunos encontram benefícios claros na integração entre aulas e material didático, outros podem preferir um formato de aprendizado mais autônomo, utilizando apenas o material fornecido. Essas informações são essenciais para aprimorar as estratégias de ensino e garantir uma experiência educacional mais eficaz e satisfatória para os alunos.

O Gráfico 11 apresenta as respostas dos alunos em relação à Questão 5 do Teste Final.

Gráfico 11: Resultado da Questão 5 do Teste Final: Você possui alguma sugestão, crítica ou alguma proposta para melhorar a aula ministrada?



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram estruturados em cinco categorias e as porcentagens foram calculadas com base no total de alunos participantes (40) para oferecer uma visão abrangente da distribuição das respostas.

Como observado no gráfico, a maioria dos alunos (76%) indicou não possuir sugestões, críticas ou propostas para melhorar a aula. Entretanto, uma parcela minoritária dos alunos apresentou algumas sugestões específicas: 5% dos alunos sugeriram ter uma premiação durante a aula, 8% propuseram incluir toda a turma, organizando-a em grupos, 3% recomendaram abster-se do uso de fórmulas matemáticas e outros 8% sugeriram aprimorar as perguntas difíceis para evitar que se tornem apenas exercícios de revisão.

Esses resultados refletem uma variedade de opiniões dos alunos sobre possíveis melhorias na dinâmica da aula ministrada. Enquanto a maioria dos alunos não sente a necessidade de alterações no Produto Educacional, alguns têm sugestões específicas que podem contribuir para tornar a experiência de aprendizado mais eficaz e engajadora. Essas informações são valiosas para orientar o aprimoramento contínuo das práticas pedagógicas, visando atender às necessidades e expectativas dos alunos.

5.1.3 Análise do impacto positivo do Jogo de Tabuleiro na compreensão da óptica geométrica

Os dados revelaram uma resposta positiva por parte dos alunos em relação ao jogo, o que se refletiu no aumento do engajamento e interesse durante as atividades. Especificamente, houve uma melhoria na compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica, especialmente entre os alunos que tradicionalmente enfrentam dificuldades nessa área. Esse aumento na compreensão sugere que o Jogo de Tabuleiro foi eficaz em facilitar o processo de aprendizagem, oferecendo um ambiente dinâmico e interativo.

Uma das características chave do jogo foi sua abordagem adaptativa, que proporcionou diferentes níveis de dificuldades nas cartas jogáveis. Essa adaptação permitiu que os alunos selecionassem um nível adequado às suas habilidades e necessidades individuais, promovendo assim uma aprendizagem mais personalizada e contextualizada. A diversidade de níveis de dificuldade também atendeu às demandas de uma turma diversificada, na qual diferentes estilos de aprendizagem estavam presentes.

Os níveis de dificuldades das cartas jogáveis permitem uma abordagem pedagógica inovadora, oferecendo diferentes níveis (fácil, médio e difícil) adaptados às necessidades individuais dos alunos. No nível fácil, são utilizados diagramas simples para representar conceitos básicos, enquanto o nível médio introduz diagramas mais complexos e o nível difícil inclui problemas matemáticos avançados relacionados à Óptica Geométrica.

Destaca-se a importância de os professores auxiliarem os alunos na escolha do nível adequado às suas habilidades e dificuldades. Estratégias de ensino, como comunicação visual e apoio individualizado, são essenciais para garantir o sucesso na compreensão dos conceitos e na aplicação dos princípios da Óptica Geométrica. Entretanto, a análise dos resultados destacou a receptividade positiva dos alunos ao jogo, evidenciada pelo aumento do engajamento e interesse durante as atividades, bem como pela melhoria na compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica. A abordagem adaptativa do jogo, com diferentes níveis de

dificuldades, demonstrou ser uma estratégia eficaz para promover uma aprendizagem mais significativa e personalizada.

Embora os resultados sejam promissores, é importante reconhecer que essa análise representa apenas uma visão parcial do impacto do Jogo de Tabuleiro na aprendizagem dos alunos. Uma investigação mais abrangente, incluindo análises adicionais de caráter quantitativo e qualitativo, é necessária para uma compreensão completa de como o jogo influencia o processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica. No entanto, os resultados destacam o potencial do jogo como uma ferramenta educacional eficaz e motivadora, capaz de promover uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos entre os alunos do Ensino Médio.

Halliday, Resnick e Walker (2016) dizem que os conceitos de Física ficam mais fáceis de serem compreendidos quando os estudantes veem e manipulam os fenômenos. Isso acontece especialmente na Óptica Geométrica, onde as coisas que vemos estão relacionadas à visão. Os alunos podem ver como a luz se comporta em diferentes superfícies ou como ela é desviada ao passar por materiais como vidro e espelhos, para entender esses conceitos. Essa abordagem se encaixa perfeitamente com a ideia de ensino interativo, onde o aluno não é apenas um espectador passivo, mas um participante ativo no processo de aprendizagem. Quando os alunos têm a chance de experimentar por conta própria, o jogo FisMax segue os princípios da aprendizagem ativa, algo que defendem, em que o conhecimento é construído de forma dinâmica e envolvente.

Além disso, para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA), essa abordagem interativa é ainda mais eficaz, já que muitos deles respondem melhor a estímulos visuais e atividades práticas. O FisMax oferece a esses alunos uma maneira de visualizar os conceitos de óptica e interagir com eles de uma forma que se adapta às suas necessidades, facilitando o entendimento dos princípios da Física.

Por fim, Halliday, Resnick e Walker (2016) reconhecem que é fundamental haver uma complementaridade entre teoria e prática. A teoria é importante para entender os fundamentos, mas é através da aplicação prática, por meio de experiências interativas, que o aprendizado realmente se consolida. O FisMax permite que os alunos explorem ativamente as leis da Óptica Geométrica, traduzindo essa relação entre teoria e prática de maneira concreta e acessível, o que promove uma compreensão mais profunda dos conceitos. A utilização do FisMax não apenas atende às necessidades dos alunos com TEA, ao oferecer uma abordagem lúdica e visual, como também segue a filosofia de Halliday e Resnick. Esses autores mostram que o entendimento da Física é maximizado quando os conceitos são

visualizados e experimentados de forma prática. Essa integração entre teoria e prática, especialmente no ensino de tópicos como Óptica Geométrica, é crucial para garantir que os alunos tenham um entendimento completo e aplicado dos conceitos.

5.2 Resultados e Discussões Preliminares dos Alunos com TEA

A análise detalhada dos resultados obtidos com os alunos com TEA será apresentada nesta seção. As variáveis de investigação mencionadas anteriormente serão analisadas à luz dos dados coletados durante a implementação do Jogo de Tabuleiro FisMax. Essa análise permitiu uma compreensão mais precisa das potencialidades do jogo como ferramenta educacional para alunos com TEA no contexto da Óptica Geométrica. O objetivo deste estudo foi investigar o potencial educacional do Jogo de Tabuleiro FisMax como uma ferramenta que auxilie no processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica, aplicada para quatro alunos sendo dois em uma turma do 2º ano e dois em duas turmas do 1º ano, ambos do Ensino Médio.

Os resultados serão apresentados por meio de quadros que detalham as respostas dos alunos com TEA em relação às questões investigativas e aos aspectos avaliados durante a implementação do jogo. Esses quadros oferecem uma visão clara das percepções e do desempenho dos alunos com TEA, destacando a eficácia do Jogo de Tabuleiro FisMax como uma estratégia educacional inclusiva e acessível.

O Quadro 1 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 1 do teste inicial.

Quadro 1: Respostas dos Alunos à Questão 1 do Teste Inicial: Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Minha principal dificuldade é entender os conceitos teóricos. Às vezes, acho difícil conectar as ideias e visualizar como elas se aplicam no mundo real.
Aluno B	Tenho dificuldade em aplicar a matemática dentro da Física. As fórmulas e os cálculos muitas vezes me confundem.
Aluno C	Minha maior dificuldade é memorizar as fórmulas e saber quando usá-las nos problemas.

Aluno D	Para mim, interpretar as questões e saber como resolvê-las é o mais difícil. Eu me perco nos enunciados.
---------	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

As dificuldades variam entre compreensão teórica, aplicação matemática, memorização de fórmulas e interpretação de questões. Cada resposta indica a necessidade de abordagens pedagógicas específicas.

O Aluno A destaca que sua principal dificuldade está na compreensão dos conceitos teóricos e na aplicação prática desses conceitos no mundo real. Isso indica uma necessidade de métodos de ensino que proporcionem exemplos concretos e visuais para facilitar a conexão entre teoria e prática. Para o Aluno B, a dificuldade reside na aplicação da Matemática dentro do contexto da Física. Ele menciona que as fórmulas e os cálculos são confusos, sugerindo que estratégias que integrassem teoria física e matemática de forma clara seriam benéficas para ele.

O Aluno C aponta a memorização das fórmulas como a sua maior dificuldade. Isso pode indicar que ele está focando na memorização mecânica sem compreender profundamente os conceitos por trás das fórmulas. Estratégias que enfatizem a compreensão conceitual e a aplicação prática das fórmulas podem ser eficazes para ele. Para o Aluno D, interpretar questões e resolver problemas é o maior desafio. Ele menciona se perder nos enunciados, o que pode indicar dificuldades na compreensão de textos científicos e na aplicação de estratégias de resolução de problemas. Esse aluno pode se beneficiar de atividades que desenvolvam suas habilidades de leitura crítica e interpretação de problemas.

A análise dos resultados destacados pelo Aluno A, que aponta dificuldades na compreensão dos conceitos teóricos e na aplicação prática desses conceitos no mundo real, pode ser enriquecida utilizando a teoria de Vygotsky, os Elementos Mediadores de Instrumentos e Signos, a Interação Social e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) são conceitos-chave na teoria vygotskiana que podem ajudar a entender e abordar essas dificuldades. Vygotsky argumenta que o aprendizado humano é mediado por instrumentos e signos. Instrumentos referem-se a ferramentas físicas ou conceitos abstratos usados para interagir com o mundo, enquanto signos são símbolos, como a linguagem, que mediam a atividade mental. No contexto educacional, exemplos concretos e visuais são considerados instrumentos que podem ajudar a mediar a compreensão teórica. Usar diagramas, modelos físicos, simulações ou exemplos do mundo real pode servir como mediadores que tornam os

conceitos abstratos mais tangíveis para os alunos. A linguagem e outros sistemas simbólicos são cruciais para internalizar o conhecimento. Promover discussões em grupo, o uso de mapas conceituais e a linguagem descritiva podem ajudar os alunos a internalizar conceitos teóricos de maneira mais eficaz.

O Quadro 2 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 2 do teste inicial.

Quadro 2: Respostas dos Alunos à Questão 2 do Teste Inicial: O professor de Física oferece atividades alternativas de acordo com as suas necessidades? Se sim, quais são essas atividades? Se não, por que não?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, o professor oferece vídeos explicativos e atividades práticas que me ajudam a entender melhor os conceitos.
Aluno B	Não, o professor geralmente segue um método mais tradicional de aula expositiva e exercícios de livro. Isso não funciona muito bem para mim.
Aluno C	Sim, ele às vezes utiliza experimentos em sala de aula, o que torna o aprendizado mais interessante e fácil de entender.
Aluno D	Não, ele não oferece muitas atividades alternativas. Sinto falta de mais recursos visuais e interativos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostram que há uma diversidade nas práticas pedagógicas adotadas pelos professores e na percepção dos alunos sobre a eficácia dessas práticas.

O Aluno A indica que o professor oferece vídeos explicativos e atividades práticas, o que é positivo para sua compreensão. Essas abordagens proporcionam exemplos concretos e visuais que facilitam a assimilação dos conceitos teóricos, contribuindo para um aprendizado mais eficaz. No entanto, o Aluno B expressa insatisfação com o método mais tradicional adotado pelo professor, sugerindo que a aula expositiva e os exercícios de livro não são adequados para suas necessidades de aprendizado. Ele valoriza métodos mais interativos e práticos, indicando uma possível desconexão entre a metodologia do professor e suas preferências de aprendizado. Para o Aluno C, a utilização de experimentos em sala de aula é um ponto positivo. Isso não apenas torna o aprendizado mais interessante, mas também

facilita a compreensão dos conceitos através da experimentação prática. Essa abordagem alinha-se bem com as necessidades de aprendizado deste aluno. O Aluno D sente falta de recursos visuais e interativos nas atividades oferecidas pelo professor. Ele destaca essa carência como uma dificuldade para sua aprendizagem, indicando que métodos mais visuais e interativos poderiam melhorar seu entendimento dos conceitos apresentados.

O Aluno A: valoriza os vídeos explicativos e as atividades práticas fornecidas pelo professor. Segundo Vygotsky, esses vídeos e atividades atuam como instrumentos mediadores que ajudam a conectar a teoria com a prática, proporcionando representações visuais e concretas dos conceitos teóricos. A utilização de vídeos e atividades práticas pode ser complementada com discussões em grupo, onde os alunos podem compartilhar e discutir o que aprenderam, reforçando o aprendizado através da interação social. Os vídeos explicativos e atividades práticas estão provavelmente dentro da ZDP deste aluno, proporcionando o suporte necessário para que ele avance em sua compreensão dos conceitos teóricos.

Aluno B: expressa insatisfação com métodos tradicionais, como aulas expositivas e exercícios de livro. A ausência de instrumentos e signos mais dinâmicos pode dificultar o engajamento e a compreensão. Métodos interativos, como simulações e ferramentas digitais, poderiam atuar como instrumentos mais eficazes para este aluno. Ele demonstra que preferiria métodos interativos que promovam maior interação social. Atividades colaborativas, como projetos em grupo e debates, podem atender melhor às suas necessidades, permitindo que ele aprenda através da interação com seus colegas. Para este aluno, métodos tradicionais podem não estar dentro de sua ZDP. Adotar métodos mais interativos e práticos, com suporte adequado, pode trazer os desafios para dentro de sua ZDP, facilitando o aprendizado.

Aluno C: a valorização de experimentos em sala de aula por parte deste aluno mostra a eficácia de instrumentos práticos na mediação do aprendizado. Experimentos são instrumentos que permitem aos alunos manipular conceitos abstratos de forma concreta, facilitando a internalização dos conhecimentos. A realização de experimentos em grupo pode promover a interação social, facilitando a aprendizagem colaborativa e a troca de conhecimentos entre os alunos. Experimentos em sala de aula são uma excelente maneira de trabalhar incluindo a ZDP, permitindo que os alunos experimentem e aprendam com suporte e feedback contínuos.

Aluno D: demonstra que sente falta de recursos visuais e interativos. A carência de instrumentos adequados (recursos visuais e interativos) compromete a mediação do

aprendizado. A inclusão de vídeos, animações e ferramentas interativas poderia servir como signos e instrumentos para melhorar a compreensão desse aluno. Métodos interativos e visuais também podem incluir componentes sociais, como trabalhos em grupo e discussões, ajudando ele a aprender de forma mais eficaz através da interação com os colegas e do compartilhamento de ideias. A falta de recursos visuais e interativos pode significar que as atividades propostas não estão suficientemente dentro da ZDP, no contexto desse aluno. Incorporar esses recursos pode proporcionar o suporte necessário para que ele avance em sua aprendizagem.

O Quadro 3 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 3 do teste inicial.

Quadro 3: Respostas dos Alunos a Questão 3 do Teste Inicial: Quais são as medidas que poderiam ser adotadas para aprimorar o ensino para pessoas com Transtorno do Espectro Autista?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Acredito que o uso de materiais visuais e interativos, como jogos educativos, poderia ajudar bastante.
Aluno B	Penso que um acompanhamento mais individualizado e a adaptação do conteúdo às necessidades específicas de cada aluno seriam importantes.
Aluno C	Seria bom se houvesse mais atividades práticas e experimentos. Isso torna o aprendizado mais concreto.
Aluno D	Acho que mais treinamento para os professores sobre como lidar com alunos com TEA poderia melhorar muito o ensino.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas apontam para a necessidade de recursos e estratégias específicas.

O Aluno A destaca a importância do uso de materiais visuais e interativos, como jogos educativos, para auxiliar no aprendizado de alunos com TEA. Esses recursos proporcionam estímulos sensoriais claros e estruturados, facilitando a compreensão dos conceitos de forma acessível e envolvente. Para o Aluno B, um acompanhamento mais individualizado e a adaptação do conteúdo às necessidades específicas de cada aluno com TEA são fundamentais. Isso sugere a necessidade de estratégias personalizadas que considerem as características individuais dos alunos para garantir um ambiente de aprendizado inclusivo e eficaz.

O Aluno C menciona a importância de mais atividades práticas e experimentos para tornar o aprendizado mais concreto. Essa abordagem pode beneficiar não apenas alunos com TEA, mais todos os alunos, proporcionando experiências sensoriais e práticas que facilitam a compreensão dos conceitos físicos de forma eficiente. Para o Aluno D, mais treinamento para os professores sobre como lidar com alunos com TEA é crucial. Isso ressalta a importância da capacitação docente em estratégias pedagógicas inclusivas e na compreensão das necessidades específicas dos alunos com TEA, promovendo um ambiente educacional mais acolhedor e eficiente.

Os comentários dos alunos A, B, C e D, ao destacar a importância de materiais visuais, interação personalizada, atividades práticas e capacitação docente, podem ser analisados sob a perspectiva da teoria de Vygotsky. Os elementos mediadores (instrumentos e signos), a interação social e a ZDP são conceitos centrais que podem ajudar a compreender e melhorar as práticas educativas para alunos autistas.

Aluno A: a ênfase no uso de materiais visuais e interativos, como jogos educativos, é fundamental para mediar a aprendizagem de alunos com TEA. Esses recursos funcionam como instrumentos mediadores que fornecem estímulos sensoriais claros e estruturados, facilitando a assimilação de conceitos abstratos de maneira concreta. Segundo Vygotsky, a utilização de instrumentos adequados importante para a internalização do conhecimento. O uso de signos, como jogos educativos e materiais visuais fornecem um sistema simbólico que os alunos podem usar para organizar e processar informações, facilitando a compreensão e a memorização dos conceitos. Materiais visuais e interativos podem ser utilizados em atividades colaborativas, onde alunos com TEA podem interagir com seus colegas em um ambiente estruturado e previsível. A interação social, mediada por esses instrumentos, pode promover a aprendizagem cooperativa e o desenvolvimento de habilidades sociais. Materiais visuais e interativos podem ser ajustados para se adequarem à ZDP dos alunos com TEA, proporcionando o suporte necessário para que eles avancem em sua compreensão de conceitos complexos.

Aluno B: o acompanhamento individualizado garante que o ensino esteja sempre dentro da ZDP dos alunos, oferecendo desafios adequados e o suporte necessário para que eles possam progredir em seu aprendizado. A personalização do ensino é essencial para atender às necessidades específicas de cada aluno com TEA. A necessidade de um acompanhamento individualizado e de adaptação do conteúdo sugere a importância de personalizar os instrumentos e signos utilizados no ensino. Estratégias personalizadas podem incluir o uso de recursos visuais adaptados, agendas estruturadas e tecnologias assistivas que

atendam às características únicas de cada aluno. A abordagem individualizada pode incluir interações mais frequentes e personalizadas entre o aluno e o professor, bem como entre o aluno e seus pares. Essa interação social personalizada é importante para a aprendizagem, pois permite que o professor ajuste o suporte de acordo com as necessidades do aluno.

Aluno C: A ênfase em atividades práticas e experimentos proporcionam oportunidades para a aprendizagem cooperativa. Atividades em grupo que envolvam experimentação prática não só beneficiam alunos com TEA, mas também enriquecem a experiência de aprendizagem de todos os alunos. A interação durante essas atividades pode facilitar a internalização de conceitos através da colaboração e do compartilhamento de experiências. Atividades práticas e experimentos colocam o aprendizado dentro da ZDP, permitindo que os alunos manipulem conceitos abstratos de maneira concreta. Esse suporte prático facilita a transição de habilidades que estão no limiar do desenvolvimento para habilidades dominadas.

O Quadro 4 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 4 do teste inicial.

Quadro 4: Respostas dos Alunos à Questão 4 do Teste Inicial: Você já teve contato com o conteúdo de Óptica Geométrica? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esse assunto?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, lembro-me de estudar sobre reflexão e refração da luz. Foi interessante, mas um pouco difícil de entender.
Aluno B	Sim, mas não lembro muito. Só que envolve como a luz se comporta quando passa por diferentes materiais.
Aluno C	Sim, tivemos algumas aulas sobre isso. Lembro dos conceitos de espelhos e lentes, mas não muito mais.
Aluno D	Sim, mas só lembro um pouco sobre espelhos e como a luz reflete neles.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas indicam uma variação na retenção e compreensão dos conceitos.

O Aluno A recorda-se de ter estudado sobre reflexão e refração da luz, destacando que achou interessante, mas teve dificuldade para compreender completamente. Isso sugere que abordagens pedagógicas que incluam demonstrações visuais e exemplos práticos poderiam

facilitar a aprendizagem em Óptica Geométrica. Para o Aluno B, Óptica Geométrica envolve o comportamento da luz ao passar por diferentes materiais, mas ele reconhece que suas lembranças são vagas. Isso indica uma oportunidade para revisar e reforçar os conceitos fundamentais de forma mais clara e acessível, utilizando métodos que facilitem a conexão entre teoria e aplicações práticas.

O Aluno C lembra-se dos conceitos de espelhos e lentes, mas não tem detalhes adicionais sobre o conteúdo estudado. Isso sugere que, embora tenha tido alguma exposição ao tema, pode ser necessário reforçar e expandir os conhecimentos adquiridos, utilizando abordagens que promovam uma compreensão mais profunda e aplicada da Óptica Geométrica.

O Aluno D lembra-se apenas superficialmente dos conceitos de espelhos e reflexão da luz. Isso indica uma necessidade de revisão mais detalhada dos fundamentos da Óptica Geométrica, utilizando métodos que tornem os conceitos mais compreensíveis.

Dando continuidade, o Quadro 5 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 5 do teste inicial.

Quadro 5: Respostas dos Alunos a Questão 5 do Teste Inicial: Quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de Óptica Geométrica?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Espero entender melhor como a luz funciona e como podemos usar isso na vida real.
Aluno B	Quero conseguir visualizar e compreender os fenômenos que envolvem a luz.
Aluno C	Espero que seja interessante e que eu consiga aprender de uma forma mais prática e visual.
Aluno D	Quero aprender de forma que faça sentido e que eu consiga aplicar em problemas reais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas destacam diferentes aspectos do aprendizado que cada aluno valoriza.

O Aluno A espera compreender melhor o funcionamento da luz e suas aplicações práticas. Isso indica uma expectativa por um aprendizado que conecte teoria e prática, sugerindo que abordagens visuais e exemplos concretos serão importantes para ele. Para o Aluno B, a expectativa está em visualizar e compreender os fenômenos da luz. Isso sugere

um desejo por métodos de ensino que utilizem demonstrações visuais e práticas, facilitando a compreensão dos conceitos abstratos da Óptica Geométrica.

O Aluno C espera que o aprendizado seja interessante e prático, indicando uma preferência por abordagens que tornem os conceitos mais claros e visualmente acessíveis. Isso sugere que atividades práticas e exemplos do cotidiano serão bem recebidos por ele. Para o Aluno D, é importante que o aprendizado faça sentido e possa ser aplicado em problemas reais. Isso indica uma expectativa por métodos de ensino que enfatizem a aplicação prática dos conceitos estudados, garantindo uma compreensão robusta e utilizável da Óptica Geométrica.

As análises das expectativas dos alunos A, B, C e D em relação ao aprendizado da Óptica Geométrica podem ser aprofundadas utilizando a teoria de Vygotsky. O Aluno A espera compreender melhor o funcionamento da luz e suas aplicações práticas, isso indica a preferência por instrumentos visuais e exemplos. O uso de tais instrumentos mediadores ajuda na internalização do conhecimento. Experimentos práticos e vídeos explicativos que demonstrem a teoria em ação podem servir como ferramentas eficazes. Utilizar vídeos explicativos, experimentos e exemplos práticos pode ajudar a colocar o aprendizado dentro da ZDP do aluno, oferecendo o suporte necessário para que ele compreenda os conceitos de luz. Para facilitar a conexão entre teoria e prática, atividades colaborativas onde os alunos discutem e resolvem problemas relacionados à luz podem ser muito úteis. A interação social em grupos de trabalho permite que os alunos compartilhem suas compreensões e aprendam uns com os outros.

O Aluno B demonstra que a visualização e compreensão dos fenômenos da luz podem ser melhoradas através de discussões em grupo e atividades de laboratório colaborativas. Trabalhar com colegas em experimentos práticos pode ajudar a reforçar os conceitos através da interação social. Demonstrar visualmente e praticar os fenômenos da luz em um contexto de suporte (como laboratórios e tutoriais) pode ajudar a trazer esses conceitos para dentro da ZDP, facilitando a aprendizagem. Ele afirma que deseja visualizar e compreender os fenômenos da luz, nesse contexto, demonstrações visuais e práticas são fundamentais. Ferramentas como simulações digitais, demonstrações com raios de luz em laboratórios e gráficos podem atuar como signos que facilitam a compreensão de conceitos abstratos da Física.

O Quadro 6 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 6 do Teste Inicial.

Quadro 6: Respostas dos Alunos à Questão 6 do Teste Inicial: Você já estudou sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes? Se sim, quais foram os principais conceitos que você absorveu desses temas?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, estudei sobre isso. Lembro que o espelho plano reflete a imagem do mesmo tamanho, enquanto os espelhos esféricos podem ampliar ou reduzir as imagens.
Aluno B	Sim, mas lembro apenas que os espelhos esféricos têm focos diferentes e que as lentes podem convergir ou divergir a luz.
Aluno C	Sim, o espelho plano reflete imagens de forma direta, e os espelhos esféricos distorcem as imagens dependendo de seu formato.
Aluno D	Sim, estudei que o espelho plano mostra imagens idênticas e que as lentes mudam a direção da luz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas indicam que cada aluno tem uma compreensão básica, mas variada, dos conceitos.

O Aluno A se recorda que o espelho plano reflete imagens do mesmo tamanho e os espelhos esféricos podem ampliar ou reduzir as imagens. O Aluno B lembra que os espelhos esféricos têm focos diferentes e que as lentes podem convergir ou divergir a luz. Já o Aluno C menciona que o espelho plano reflete imagens de forma direta, e os espelhos esféricos distorcem as imagens. Enquanto, o Aluno D destaca que o espelho plano mostra imagens idênticas e que as lentes mudam a direção da luz. Essas respostas indicam uma compreensão básica dos conceitos, mas sugerem que revisões e aprofundamentos podem ser necessários para uma compreensão mais completa.

A análise das respostas dos alunos A, B, C e D sobre os conceitos de espelhos planos, espelhos esféricos e lentes revela uma compreensão básica, mas também indica a necessidade de revisões e aprofundamentos. Os conceitos básicos estão presentes, mas há necessidade de aprofundamento. Utilizar instrumentos mediadores, promover discussões em grupo e atividades colaborativas pode ajudar os alunos a internalizarem melhor os conceitos. Por

fim, as atividades de ensino devem estar dentro da ZDP dos alunos, proporcionando suporte adequado para que eles possam avançar na compreensão dos conceitos.

A seguir, analisaremos as respostas dos alunos em relação as perguntas do questionário final.

O Quadro 7 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 1 do Teste Final.

Quadro 7: Respostas dos Alunos a Questão 1 do Teste Final: A aula apresentada proporcionou conhecimentos além dos já adquiridos? Quais?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, aprendi mais sobre como a luz se comporta em diferentes superfícies e materiais.
Aluno B	Sim, entendi melhor a refração e como as lentes funcionam em mais detalhes.
Aluno C	Sim, agora eu sei mais sobre a aplicação prática de espelhos e lentes no cotidiano.
Aluno D	Sim, compreendi melhor os conceitos de foco e imagem nos espelhos esféricos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observamos que as áreas específicas de aprendizado variam de aluno para aluno. Por exemplo, o Aluno A destaca que aprendeu mais sobre como a luz se comporta em diferentes superfícies e materiais. Isso sugere que a aula proporcionou uma compreensão mais profunda dos fenômenos ópticos, ampliando seus conhecimentos além do básico inicial. Para o Aluno B, a aula permitiu um entendimento mais detalhado da refração da luz e do funcionamento das lentes. Isso indica que ele adquiriu novos conhecimentos sobre fenômenos ópticos específicos, o que pode fortalecer sua compreensão geral da Óptica Geométrica.

O Aluno C, após a aplicação, relatou sentir-se mais informado sobre a aplicação prática de espelhos e lentes no cotidiano. Isso sugere que a aula ofereceu exemplos relevantes que ajudaram a relacionar os conceitos teóricos com situações do mundo real. Para o Aluno D, a compreensão dos conceitos de foco e imagem em espelhos esféricos foi aprimorada. Isso indica que ele desenvolveu uma compreensão mais precisa e detalhada desses dispositivos ópticos, o que pode facilitar a aplicação prática desses conhecimentos.

As respostas dos alunos A, B, C e D indicam que a aula apresentada proporcionou conhecimentos adicionais além dos já obtidos, aprofundando e ampliando a compreensão dos conceitos ópticos. Cada aluno adquiriu novos conhecimentos em áreas específicas, sugerindo que a abordagem da aula foi eficaz em atender diferentes necessidades de aprendizado.

O Aluno A aprendeu mais sobre o comportamento da luz em diferentes superfícies e materiais. A aula proporcionou uma compreensão mais profunda dos fenômenos ópticos, indo além do básico inicial. Ele agora possui um entendimento mais detalhado sobre como a luz interage com diferentes superfícies e materiais, o que é essencial para uma compreensão melhor da Óptica Geométrica. Já o Aluno B adquiriu um entendimento mais detalhado da refração da luz e do funcionamento das lentes. Ele compreendeu os fenômenos ópticos específicos com mais clareza, fortalecendo sua compreensão geral da Óptica Geométrica. Isso inclui como as lentes convergem ou divergem a luz e como a refração ocorre em diferentes meios.

Enquanto o Aluno C, sente-se mais informado sobre a aplicação prática de espelhos e lentes no cotidiano. A aula ofereceu exemplos concretos e relevantes, ajudando-o a relacionar os conceitos teóricos com situações do mundo real. Ele entende melhor como espelhos e lentes são utilizados na prática. O Aluno D demonstrou uma melhor compreensão dos conceitos de foco e imagem em espelhos esféricos. Apontando uma maior compreensão sobre os dispositivos ópticos, facilitando a aplicação prática desses conhecimentos. Ele agora tem uma visão mais precisa de como os espelhos esféricos formam imagens e como o foco é determinado.

Os novos conhecimentos adquiridos pelos alunos indicam que a utilização de instrumentos mediadores, como demonstrações práticas, simulações e materiais visuais, foram bastantes promissor. A interação social durante a aula pode ter facilitado a internalização dos novos conhecimentos. A aula parece ter sido bem ajustada à ZDP dos alunos, proporcionando suporte adequado para que eles avançassem em sua compreensão.

A aula apresentada foi proveitosa para ampliar os conhecimentos dos alunos sobre Óptica Geométrica, proporcionando uma compreensão mais profunda e prática dos conceitos. Utilizando a teoria de Vygotsky como base, as estratégias que incluíram instrumentos mediadores, interação social e atividades ajustadas à ZDP dos alunos contribuíram para esse sucesso. Cada aluno adquiriu novos conhecimentos em áreas específicas, indicando que a abordagem diversificada e prática da aula atenderam às diferentes necessidades de aprendizado, promovendo um entendimento mais completo e aplicável dos conceitos ópticos.

O Quadro 8 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 2 do Teste Final.

Quadro 8: Respostas dos Alunos à Questão 2 do Teste final: Em sua opinião, qual a utilidade do material didático para a compreensão do assunto Óptica Geométrica? A qualidade foi satisfatória para você?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Foi muito útil. As explicações visuais e os exemplos práticos me ajudaram bastante a entender o conteúdo.
Aluno B	Achei útil, mas poderia ter mais exemplos práticos. A qualidade foi boa, mas poderia ser melhor.
Aluno C	Foi útil e a qualidade foi satisfatória. Gostei das atividades práticas incluídas.
Aluno D	Foi útil, mas algumas partes foram difíceis de entender. A qualidade geral foi boa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa análise, percebemos que os alunos, em geral, consideraram o material didático útil para a compreensão do assunto de Óptica Geométrica. No entanto, há algumas observações sobre como melhorar.

O Aluno A considera o material didático muito útil, destacando que as explicações visuais e os exemplos práticos foram eficazes para sua compreensão. Isso sugere que recursos visuais e práticos são fundamentais para seu aprendizado, facilitando a assimilação dos conceitos da Óptica Geométrica. Para o Aluno B, o material didático foi útil, mas ele sente que poderia ter mais exemplos práticos para aprofundar sua compreensão. Ele considera a qualidade geral boa, mas vê espaço para melhorias que tornem o conteúdo mais acessível e aplicável.

No caso do Aluno C, ele achou o material didático útil e considerou a qualidade satisfatória. Apreciou especialmente as atividades práticas incluídas, indicando que esses recursos contribuíram positivamente para sua aprendizagem e compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica. Para o Aluno D, o material didático foi útil, porém ele encontrou algumas partes difíceis de serem entendidas. Apesar disso, ele avalia a qualidade geral como boa, o que sugere que o material ofereceu um suporte adequado, mas pode ser aprimorado na clareza e na explicação de conceitos mais complexos.

As respostas dos alunos A, B, C e D sobre a utilidade e a qualidade do material didático utilizado na aula de Óptica Geométrica destaca a importância de recursos visuais e práticos para a aprendizagem foram muito proveitosas. Os materiais didáticos desempenham o papel de mediadores no aprendizado, enquanto a interação social pode contribuir para ampliar a compreensão dos conceitos. É essencial que as atividades e os recursos estejam adequados à Zona de Desenvolvimento Proximal dos estudantes, garantindo o suporte necessário para promover o avanço em seus conhecimentos.

Fazendo análise das respostas dos alunos indica que, embora o material didático seja considerado útil e de boa qualidade, há espaço para melhorias, especialmente na inclusão de mais exemplos práticos e na simplificação de conceitos complexos. Utilizando a teoria de Vygotsky, é possível aprimorar o material didático através do aumento de recursos visuais, expansão de exemplos práticos, simplificação de explicações, inclusão de atividades colaborativas e fornecimento de feedback contínuo. Essas estratégias podem tornar o aprendizado da Óptica Geométrica mais acessível, compreensível e aplicável para todos os alunos.

O Quadro 9 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 3 do Teste Final.

Quadro 9: Respostas dos Alunos à Questão 3 do Teste final: Explique, com suas palavras, o que você entendeu sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Entendi que o espelho plano reflete imagens do mesmo tamanho e forma, o espelho esférico pode ampliar ou reduzir imagens, e as lentes podem concentrar ou dispersar a luz.
Aluno B	O espelho plano reflete a imagem exatamente como é, o espelho esférico altera o tamanho da imagem e as lentes mudam a direção da luz.
Aluno C	O espelho plano mostra uma imagem real e direta, o espelho esférico distorce a imagem dependendo do seu tipo, e as lentes podem fazer a luz convergir ou divergir.
Aluno D	O espelho plano reflete imagens como elas são, os espelhos esféricos mudam o tamanho da imagem, e as lentes alteram o caminho da luz.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas indicam um bom nível de compreensão dos conceitos básicos. O Aluno A demonstra compreensão dos conceitos básicos de espelho plano, espelho esférico e lentes. Ele entende que o espelho plano reflete imagens sem alterar seu tamanho, enquanto espelhos esféricos podem ampliar ou reduzir imagens. Além disso, ele reconhece que as lentes têm a capacidade de concentrar ou dispersar a luz, evidenciando uma compreensão inicial dos princípios ópticos. Para o Aluno B, o espelho plano reflete a imagem sem alterações, enquanto espelhos esféricos podem alterar o tamanho da imagem devido aos diferentes focos. Ele também reconhece que as lentes têm o papel de mudar a direção da luz. Essa compreensão mostra uma visão clara dos efeitos ópticos desses dispositivos.

O Aluno C entende que o espelho plano mostra uma imagem real e direta, contrastando com os espelhos esféricos que distorcem a imagem dependendo de seu tipo. Ele também compreende que as lentes podem fazer a luz convergir ou divergir, demonstrando uma compreensão básica dos princípios de formação de imagens e refração. O Aluno D tem uma visão básica dos dispositivos ópticos: o espelho plano reflete as imagens como elas são, os espelhos esféricos mudam o tamanho da imagem e as lentes alteram o caminho da luz. Isso sugere uma compreensão inicial dos efeitos ópticos desses dispositivos, que pode ser expandida com exemplos práticos e aplicações cotidianas.

As respostas dos alunos A, B, C e D indicam uma compreensão básica dos conceitos de espelho plano, espelho esférico e lentes, cada um destacando diferentes aspectos dos princípios ópticos. Para aprimorar e aprofundar a compreensão dos alunos, é possível utilizar várias estratégias baseadas na teoria de Vygotsky. As respostas dos alunos indicam uma compreensão inicial dos conceitos de espelho plano, espelho esférico e lentes. Para aprofundar essa compreensão, é possível utilizar uma variedade de recursos e estratégias, incluindo modelos físicos, simulações digitais, vídeos educativos, discussões em grupo, projetos colaborativos e exemplos práticos. Essas abordagens podem ajudar os alunos a conectar a teoria à prática e a desenvolver uma melhor compreensão e aplicável dos princípios ópticos.

O Quadro 10 apresenta as respostas dos alunos referentes a Questão 4 do Teste Final.

Quadro 10: Respostas dos Alunos à Questão 4 do Teste final: Você consegue relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, as aulas foram bem relacionadas ao material, o que facilitou a compreensão dos conceitos.
Aluno B	Sim, o material complementou bem as aulas e ajudou a fixar o conteúdo.
Aluno C	Sim, as aulas e o material didático estavam bem alinhados, o que ajudou no entendimento.
Aluno D	Sim, o material didático foi uma boa extensão das aulas e ajudou a reforçar os conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As repostas dos alunos sugerem que as aulas ministradas estavam bem relacionadas ao material didático, o que facilitou a compreensão dos conceitos. De forma detalhada, o Aluno A relatou que as aulas ministradas foram bem relacionadas ao material didático apresentado. Essa relação facilitou sua compreensão dos conceitos discutidos em sala de aula. A sincronia entre as duas fontes de aprendizado é essencial para consolidar o conhecimento, proporcionando uma base sólida para o entendimento dos temas abordados. Para o Aluno B, o material didático complementou bem as aulas ministradas. Ele destacou que isso ajudou na fixação do conteúdo, indicando que a combinação entre aulas expositivas e recursos didáticos foi eficaz para seu processo de aprendizado. Isso sugere que o material didático não apenas reforçou o que foi ensinado em sala, mas também proporcionou uma revisão mais detalhada dos conceitos.

O Aluno C percebeu um bom alinhamento entre as aulas ministradas e o material didático apresentado. Ele considerou que essa relação contribuiu significativamente para o entendimento dos temas discutidos. A coesão entre as aulas e o material didático pode promover uma aprendizagem mais consistente e acessível, ajudando os alunos a assimilar informações de maneira eficaz. Para o Aluno D, o material didático foi uma boa extensão das aulas ministradas. Ele mencionou que isso ajudou a reforçar os conceitos abordados em sala de aula, o que é crucial para a consolidação do aprendizado. Essa complementaridade entre as aulas e o material didático pode ampliar a compreensão dos alunos, oferecendo diferentes perspectivas e exemplos que enriquecem o processo educacional.

Os alunos A, B, C e D destacam a importância da integração entre as aulas ministradas e o material didático para a compreensão dos conceitos discutidos. As respostas dos alunos foram bastante favoráveis a integração entre aulas ministradas e material didático para a consolidação do aprendizado. Essas estratégias como o uso de recursos visuais e práticos, promoção da interação social, atividades ajustadas à ZDP e conexão com aplicações práticas podem fortalecer essa integração, proporcionando uma base sólida e enriquecedora para o entendimento dos conceitos. Essas abordagens ajudam a tornar o aprendizado consistente e acessível, facilitando a assimilação das informações por parte dos alunos.

O Quadro 11 apresenta as respostas dos alunos com TEA referentes a Questão 5 do Teste Final.

Quadro 11: Respostas dos Alunos à Questão 5 do Teste final: Você possui alguma sugestão, crítica ou alguma proposta para melhorar a aula ministrada?

Identificação dos Alunos	Respostas
Aluno A	Sim, acho que seria útil incluir mais exemplos práticos durante as aulas para ilustrar os conceitos.
Aluno B	Gostaria de ver mais vídeos explicativos como complemento ao material didático.
Aluno C	Não mudaria nada.
Aluno D	Seria interessante ter sessões de perguntas e respostas ao final de cada aula para esclarecer dúvidas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As sugestões dos alunos destacam áreas específicas de melhoria, como a inclusão de mais exemplos práticos, vídeos explicativos e sessões de perguntas e respostas, evidenciando um desejo por maior interatividade e recursos audiovisuais complementares.

As respostas dos alunos no Quadro 11 refletem diversas percepções e sugestões sobre a condução das aulas e o uso do material didático. O Aluno A sugere a inclusão de mais exemplos práticos durante as aulas para ilustrar os conceitos. Essa observação aponta para a importância da aplicação prática do conteúdo teórico, facilitando a compreensão e retenção dos conceitos pelos alunos. Exemplos práticos tornam o aprendizado mais tangível e relevante, conectando a teoria com situações do cotidiano ou experiências concretas.

O Aluno B menciona a utilidade de mais vídeos explicativos como complemento ao material didático. Esse comentário ressalta a eficácia dos recursos audiovisuais no processo de ensino-aprendizagem. Vídeos explicativos podem proporcionar uma compreensão mais visual e dinâmica dos conceitos, além de manter o interesse dos alunos. Eles servem como um excelente recurso para revisar o conteúdo de forma acessível e envolvente.

O Aluno C, por outro lado, afirma que não mudaria nada, o que indica uma satisfação plena com a metodologia atual. Este feedback positivo é um indicativo de que, para alguns alunos, a estrutura e os recursos utilizados nas aulas já são adequados e eficazes para o aprendizado.

Por fim, o Aluno D sugere a realização de sessões de perguntas e respostas ao final de cada aula para esclarecer dúvidas. Essa sugestão destaca a necessidade de momentos dedicados à interação e ao esclarecimento de conceitos, promovendo um ambiente onde os alunos se sintam à vontade para expressar suas dúvidas e obter respostas imediatas. As sessões de perguntas e respostas podem melhorar significativamente a compreensão dos alunos e garantir que todos estejam acompanhando o conteúdo de forma adequada.

Portanto, as respostas dos alunos sugerem um caminho para aprimorar as aulas através de uma maior interatividade, utilização de recursos audiovisuais e práticas que promovam o esclarecimento de dúvidas, ao mesmo tempo em que reforçam a importância do alinhamento entre o material didático e as aulas ministradas. Aplicando os princípios de Vygotsky, essas estratégias podem melhorar significativamente o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico, acessível e colaborativo.

5.2.1 *Análise das contribuições do Jogo de Tabuleiro*

As observações e interações durante as atividades com o Jogo de Tabuleiro proporcionaram *insights* valiosos sobre o papel mediador do jogo no processo de ensino-aprendizagem. A flexibilidade oferecida pelos diferentes níveis de dificuldades e as estratégias de ensino incorporadas demonstraram ser eficazes na promoção da compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica, não apenas para alunos com TEA, mas para toda a turma regular.

Portanto, o Jogo de Tabuleiro FisMax revelou-se uma ferramenta educacional versátil e inclusiva, capaz de promover a aprendizagem significativa de conceitos de Óptica Geométrica em uma turma regular do Ensino Médio. As adaptações desenvolvidas não apenas atenderam às necessidades específicas dos alunos com TEA, mas enriqueceram a

experiência de aprendizagem de todos os alunos, destacando o potencial do jogo como uma ferramenta mediadora eficaz no contexto educacional.

5.3 Análise Acadêmica e Emocional dos Resultados com Alunos com (típicos e atípicos) TEA e Regulares

Durante nove anos de sala de aula, ensinando e aprendendo com crianças, adolescentes e jovens, tenho buscado me aperfeiçoar continuamente para melhorar significativamente a vida de todas as pessoas com quem tenho contato através da educação. O Mestrado Profissional em Ensino de Física proporcionou-me a oportunidade de intervir e atualizar minha prática docente. Com esse avanço, pude revisar minhas estratégias de ensino e aprender novas abordagens pedagógicas, sempre relacionando-as com as teorias da aprendizagem, tornando o aprendizado dos discentes mais eficaz.

Minha motivação para criar um material didático inclusivo surgiu em 2019, quando tive a experiência desafiadora de trabalhar com três alunos com necessidades especiais: um com síndrome de Down, outro com paralisia cerebral e o último com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A falta de experiência e a ausência de materiais adequados para trabalhar com esses alunos evidenciaram a necessidade urgente de recursos pedagógicos inclusivos. Esse desafio foi o catalisador para a criação de um Produto Educacional que pudesse ensinar esses alunos de forma não isolada, mas integrando-os em seu processo de formação.

Essa experiência me fortaleceu, amadureceu e enriqueceu meu conhecimento como educador. Ela destacou a importância de desenvolver materiais mais inclusivos que transformem a Física em uma aliada, em vez de uma barreira. A criação do Jogo de Tabuleiro FisMax foi uma resposta direta a essa necessidade. O jogo foi projetado com o objetivo de ser acessível e eficaz para alunos com TEA, incorporando elementos que atendem às suas necessidades sensoriais e de aprendizagem específicas. Cada aspecto do jogo, desde as cores suaves até os níveis de dificuldade das cartas, foi pensado para proporcionar uma experiência de aprendizado positiva e inclusiva.

Como profissional da educação e professor de Física, sinto uma profunda responsabilidade em garantir que todos os alunos, independentemente de suas necessidades especiais, tenham acesso a um ensino de qualidade que os habilitem e os preparem para o futuro. A criação do Jogo de Tabuleiro não foi apenas um projeto acadêmico, mas uma missão pessoal de transformar a educação em um espaço verdadeiramente inclusivo. Acredito que, ao desenvolver materiais didáticos que considerem as diversas formas de aprender, estamos

contribuindo para um sistema educacional mais justo e equitativo, onde todos os alunos podem prosperar e alcançar seu potencial máximo.

Este compromisso com a inclusão e a inovação pedagógica é o que continua a me motivar a buscar novas formas de ensinar e aprender. Cada desafio enfrentado e superado reforça minha determinação de ser um educador melhor e mais compreensivo. A jornada de criar materiais inclusivos é contínua e cada passo dado é um avanço na construção de uma educação que realmente atenda a todos.

5.3.1 Reflexão sobre a experiência com o Jogo de Tabuleiro

Ao dar início a este projeto, minhas expectativas eram elevadas sobre o impacto que o Jogo de Tabuleiro poderia ter na educação de alunos com TEA e na turma regular. Acreditava que o jogo FisMax pudesse não apenas facilitar a compreensão de conceitos complexos de Óptica Geométrica, mas também promover um ambiente de aprendizado mais inclusivo e engajador.

Para os alunos com TEA, minha expectativa era que o jogo oferecesse uma forma inovadora e adaptativa de aprendizagem, que pudesse atender às suas necessidades individuais e criar um ambiente mais acolhedor e motivador. O que encontrei foi uma confirmação de que a abordagem adaptativa do jogo realmente faz a diferença. Os alunos se mostraram mais engajados e motivados e aqueles com dificuldades de concentração puderam se beneficiar das adaptações sensoriais do jogo. A experiência reforçou minha convicção de que materiais inclusivos são essenciais para o sucesso educativo desses alunos.

Com relação à turma regular, esperava que o jogo aumentasse o interesse dos alunos pela Física, tornando o aprendizado mais interativo e menos centrado em métodos tradicionais. Os resultados superaram minhas expectativas. O jogo não apenas despertou maior interesse, mas também facilitou a compreensão de conceitos que antes pareciam abstratos e difíceis de entender. A metodologia lúdica do jogo FisMax ajudou a transformar a sala de aula em um espaço mais dinâmico e colaborativo, onde os alunos puderam aprender de forma mais significativa e divertida.

5.3.2 Conquistas e aprendizados

A principal conquista deste projeto foi a comprovação de que ferramentas educacionais inovadoras e inclusivas podem ter um impacto profundo no aprendizado de

todos os alunos, independentemente de suas necessidades especiais. Este projeto me permitiu ver em primeira mão como uma abordagem personalizada pode transformar o engajamento e a compreensão dos alunos.

Além disso, a experiência destacou a importância de continuar a inovar e adaptar as práticas de ensino para atender às diversas formas de aprendizagem. Aprendi que a inclusão não é apenas uma questão de justiça social, mas uma prática pedagógica essencial para a eficácia do ensino. Cada aluno tem o potencial de alcançar grandes resultados quando recebe as ferramentas e o apoio necessários para aprender de forma eficaz.

Este projeto reafirmou meu compromisso pela educação inclusiva e minha determinação de continuar a desenvolver materiais e estratégias que façam da Física uma disciplina acessível e empolgante para todos. O Jogo de Tabuleiro FisMax é apenas o começo de uma jornada contínua para transformar a educação em um espaço verdadeiramente inclusivo, onde cada aluno possa prosperar e alcançar seu máximo potencial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais sobre esta pesquisa abrangem uma análise detalhada das potencialidades do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora no processo de ensino-aprendizagem da Óptica Geométrica para alunos do Ensino Médio, com foco especial em alunos com Transtorno do Espectro Autista. Inicialmente, os objetivos específicos foram delineados para direcionar o estudo, destacando a importância de identificar as necessidades de aprendizagem dos alunos com TEA, desenvolver um jogo adaptado, reconhecer as dificuldades específicas desses alunos e analisar as contribuições do jogo na aprendizagem.

A análise preliminar dos resultados obtidos com uma turma regular de 40 alunos demonstrou uma recepção positiva do Jogo de Tabuleiro, refletida pelo aumento do engajamento e interesse durante as atividades. Houve também uma melhoria na compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica, especialmente entre os alunos com dificuldades nessa área. A adaptação do jogo, com diferentes níveis de dificuldades, permitiu uma abordagem flexível, adequando-se às necessidades individuais dos alunos e promovendo uma aprendizagem mais eficiente.

Entretanto, é crucial reconhecer que esses resultados podem ser ainda mais desenvolvidos em trabalhos futuros, passando por uma análise mais aprofundada para compreender sob outras perspectivas o impacto do Jogo de Tabuleiro como ferramenta mediadora na aprendizagem dos alunos.

A análise específica dos resultados com os alunos com TEA revelou *insights* valiosos sobre as potencialidades do jogo adaptado. As adaptações específicas, como a estrutura do tabuleiro e os diferentes níveis de dificuldade nas cartas que jogavam, mostraram-se eficazes em proporcionar uma experiência inclusiva e apoiar a aprendizagem desses alunos. A integração de ilustrações claras e simplificadas facilitou a assimilação de conceitos científicos complexos, contribuindo para a construção de uma base sólida de conhecimento em Óptica Geométrica.

Para futuras pesquisas, recomenda-se uma análise mais aprofundada dos resultados, incluindo a coleta de dados por mais tempo para avaliar o impacto do Jogo de tabuleiro na aprendizagem dos alunos a longo prazo.

Além disso, investigações adicionais podem explorar ainda mais as adaptações específicas para alunos com TEA e avaliar a generalização dessas estratégias para outras áreas do currículo.

Em conclusão, esta pesquisa destacou o potencial do Jogo de Tabuleiro como uma ferramenta educacional versátil e inclusiva, capaz de promover uma aprendizagem eficiente dos conceitos de Óptica Geométrica para alunos do Ensino Médio, tanto em turmas regulares quanto para alunos com TEA. As adaptações desenvolvidas demonstraram ser eficazes em atender às necessidades específicas dos alunos com TEA, enriquecendo assim a experiência de aprendizagem de todos os alunos. Esse estudo contribui para o campo educacional, fornecendo esclarecimentos valiosos sobre estratégias pedagógicas inovadoras para promover a inclusão e o sucesso acadêmico de todos os alunos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. C. A. **Alfabetização de alunos com transtorno do espectro autista(TEA): concepções e práticas dos professores**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2019.

ARAGÃO, A. C. L. Além da sala de aula: parcerias entre professor, família e escola na Educação Inclusiva. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, [S.l.], v. 7, p. 218-232, 2023.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2011.

BARRETO, M. A. de O. C.; BARRETO, F. de O. C. **Educação Inclusiva: Contexto social e histórico, análise das deficiências e uso das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem**. 1.ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.

BECKER, C.; ANSELMO, A. G. Modelo Social na Perspectiva da Educação Inclusiva. **Revista Conhecimento Online**, [S. l.], v. 1, p. 90–108, 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Diário Oficial da União, 1988.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Brasília: Diário Oficial da União, 1996.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente, Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990**. Brasília: Diário Oficial da União, 1990.

BRASIL. **Decreto nº 7.612, de 17 de novembro de 2011**. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Matrículas na educação especial chegam a mais de 1,7 milhão**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/marco/matriculas-na-educacao-especial-chegam-a-mais-de-1-7-milhao>. Acesso em: 30 set. 2024.

CAPELLINI, V. L. M. F.; SHIBUKAWA, P. H. S.; DE OLIVEIRA RINALDO, S. C. **Práticas Pedagógicas Colaborativas na Alfabetização do Aluno com Transtorno do Espectro Autista**. Colloquium Humanarum. ISSN: 1809-8207, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 87–94, 2016.

CARVALHO, C. E. L. de. **“Blog dr. elétrica” e suas possibilidades de mediação no ensino e aprendizagem da associação de resistores na 3ª série do ensino médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física — MNPEF) — Universidade Federal do Piauí — UFPI, Teresina, 2022.

COSTA, D. A. F. **Superando limites: a contribuição de Vygotsky para a educação especial**. **Psicopedagogia**, São Paulo, v. 23, p. 232-239, 2006.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de física, 2: Termologia, Ondulatória e Óptica**. São Paulo: Saraiva, 2020.

FERNANDES, A. D. S. A. *et al.* Desafios cotidianos e possibilidades de cuidado com crianças e adolescentes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) frente à COVID-19. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 29, p. e2121, 2021.

FEUERSTEIN, R. *et al.* **Instrumental enrichment**: an intervention program for cognitive. Scott: Foresman and Company. Illinois: Glenview, 1980.

FINO, C. N. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, p. 273-291, 2001.

FRANCO, D. dos S. **A influência da linguagem na aprendizagem de conceitos físicos: a contribuição do jogo de tabuleiro “Physicool”**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2018.

GALDINO, D. dos R. **Histórias em quadrinhos e potencialidades na mediação de Óptica Geométrica no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física — MNPEF) — Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, 2022.

GLÉRIA, A. C. F. C. **Interação social e o processo de construção de conhecimento: uma análise com base em três perspectivas: Freire, Vygotsky e Perret-Clermont**. **Humanidades & Inovação**, v. 9, n. 5, p. 246-255, 2022.

GOMES, F. B. **Inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no Ensino de Ciências nas Escolas Públicas Municipais de Dom Pedrito/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Natureza — Licenciatura) — Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, 2019.

GUERREIRO, M. A. da S. **Os efeitos do Game Design no processo de criação de jogos digitais utilizados no ensino de Química e Ciências: o que devemos considerar?**. Dissertação (Mestrado em Educação - Área de Concentração: Ensino de Ciências) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências, Bauru, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. V. 4. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**. V.1 - 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLWASS, L. C. L.; BREDOW, V. H. **WhatsApp como ambiente de interação social e aprendizagens durante o ensino remoto emergencial**. *Revista Educação e Emancipação*, [S.l.] v. 14, n. 2, p. 62-83, 2021.

HARDER, B; GRACHEKI, B. R.; PIECZARKA, T. **A mediação de Vygotsky exercida pelo professor de apoio de estudantes autistas**. *Revista Cognition*, Curitiba, v.2, p. 263-279, 2020.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez editora, 2017.

- LOPES, S. C. R.; SANTOS, D. C. **Sociointeracionismo: dialogando com Bakhtine Vygotsky sobre o sujeito fruto das interações sociais.** Revista Educação e Linguagens, [S.l.], v. 9, n. 16, p. 282-301, 2020.
- MARTINS, O. B.; MOSER, A. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. **Revista Intersaberes**, [S. l.], v. 7, n. 13, p. 8–28, 2012.
- MILANI, I.; STOLTZ, T.; HIGA, I. Vygotsky e o ensino de física: um olhar a partir do encontro de pesquisa em ensino de física. **Arquivos do Mudi**, [S. l.] v. 24, n. 3, p. 204-215, 2020.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 4: Óptica, relatividade, física quântica.** 2ª ed. Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo – SP, 2014.
- NEGRINE, A. S. Concepção do jogo em Vygotski: uma perspectiva psicopedagógica. **Movimento**, Porto Alegre/ESEF/UFRGS, v. 2, p. 06-23, 1995.
- PIMENTA, P. R. Clínica e Escolarização dos Alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). **Educação e Realidade**, [S. l.], v. 44, p. 1-22, 2019.
- RAMALHO JR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os Fundamentos da Física: V. 2. Termologia, Óptica e Ondas.** 11. ed. São Paulo: Moderna Plus, 2015.
- RODRIGUES, R. G.; DA SILVA, J. L. T.; SILVA, M. A. Aprofundando o conhecimento sobre a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de Vygotsky. **Revista carioca de ciência, tecnologia e educação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 2-15, 2021.
- SANTOS, Letícia Rodrigues et al. As contribuições da Teoria da Aprendizagem de Lev Vygotsky para o desenvolvimento da competência em informação. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, [S. l.], v. 17, p. 1-15, 2021.
- SENA, Jardel Pinho. **Proposta de experimentos interdisciplinares sobre circuitos elétricos com corrente contínua envolvendo física e química: contribuições da teoria histórico-cultural.** Orientador: Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito. 2022. 90 f. il. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.
- SENNA, L. A. G. De Vygotsky a Morin: entre dois fundamentos da educação inclusiva. **Espaço (INES)**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 53-58, 2004.
- SERWAY, R. A.; JEWETT Jr, J. W. **Física para Cientistas e Engenheiros: Luz, Óptica e Física Moderna, V.4.** 9. ed. São Paulo: Ed. Cengage Learning, 2019.
- SILVA, C.M.P. **O lúdico na educação infantil: aspectos presentes na prática docente.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia) – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.
- TOLEDO, E. H. de; MARTINS, J. B. A atuação do professor diante do processo de inclusão e as contribuições de Vygotsky. In: IX CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO- EDUCERE E NO III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA - ESBPP, 2009, Curitiba. Edição 2009 Internacional - **Educere**.

Curitiba: Champagnat, 2009. p. 4126-4138.

VASCONCELOS, A. F. *et al.* Implicações histórico-sociais do transtorno do espectroautista. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, [S.l.] v. 15, n. 43, p. 221-243, 2023.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV**: Ótica e Física Moderna. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZANELLA, A.V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Revista Temas em Psicologia**, São Paulo, v. 2 n.2, p. 97-110, 1994.

APÊNDICE A: TESTE INICIAL

Identificação do Aluno:

Nome: _____

PARTE I

- 1. Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física?**

- 2. O Professor de Física oferece atividades alternativas de acordo com as suas necessidades? Se sim, quais são essas atividades? Se não, por que não?**

- 3. Em sua opinião, quais são as medidas que poderiam ser adotadas para aprimorar o ensino para pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA)?**

- 4. Você já teve contato com o conteúdo de Óptica Geométrica? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esse assunto?**

- 5. Quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de Óptica Geométrica?**

- 6. Você já estudou sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes? Se sim, quais foram os principais conceitos que você aprendeu desses temas?**

APÊNDICE B – TESTE FINAL

Identificação do Aluno:

Nome: _____

PARTE II

- 1) A aula apresentada proporcionou conhecimentos além dos já adquiridos? Quais?**
- 2) Em sua opinião, qual a utilidade do material didático para a compreensão do assunto Óptica Geométrica? A qualidade foi satisfatória para você?**
- 3) Explique com suas palavras, o que você entendeu sobre espelho plano, espelhos esféricos e lentes?**
- 4) Você consegue relacionar as aulas ministradas com o material didático apresentado?**
- 5) Você possui alguma sugestão, crítica ou alguma proposta para melhorar a aula ministrada?**

APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL**MNPEF**

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ****PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO****COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO****MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA –
MNPEF****GUIA DE REGRAS (GR): FISMAT - UMA JORNADA INCLUSIVA PELA
ÓPTICA GEOMÉTRICA****MAX SAMUEL SANTOS SILVA****TERESINA****2024**

MAX SAMUEL SANTOS SILVA

**GUIA DE REGRAS (GR): FISMAL - UMA JORNADA INCLUSIVA PELA
ÓPTICA GEOMÉTRICA**

Produto Educacional apresentado à
Coordenação do Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física –
MNPEF, Polo 26, da Universidade Federal
do Piauí – UFPI, como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre em Ensino de
Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para
o Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito

TERESINA

2024

RESUMO

Este guia apresenta o FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica, um jogo de tabuleiro educativo projetado para melhorar as habilidades socioemocionais de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O FisMax integra aprendizado teórico e prática lúdico, facilitando a compreensão de conceitos de Óptica Geométrica e desenvolvendo habilidades socioemocionais e cognitivas. O design inclusivo do jogo utiliza cores suaves para minimizar desconfortos sensoriais e facilitar a navegação. As regras são simples: os jogadores lançam um dado e avançam pelo tabuleiro, utilizando atalhos estratégicos. As cartas de perguntas, distribuídas ao longo do percurso, variam em dificuldade (fácil, médio e difícil) e abrangem conceitos de Óptica Geométrica, incentivando a aplicação prática dos conhecimentos. O jogo utiliza comunicação visual clara e suporte individualizado para apoiar alunos com TEA, promovendo uma experiência educativa inclusiva. Nas considerações finais, o guia destaca o FisMax como uma ferramenta inovadora para o ensino de Óptica Geométrica, beneficiando todos os alunos, especialmente aqueles com TEA. O jogo promove um ambiente de aprendizagem inclusivo, reforçando conceitos científicos e desenvolvendo habilidades cognitivas e socioemocionais. Os professores podem adaptar o jogo conforme necessário, proporcionando uma aprendizagem eficaz e personalizada.

Palavras-chave: Óptica Geométrica; Transtorno do Espectro Autista (TEA); Jogo de Tabuleiro Educativo; Habilidades Socioemocionais; Inclusão Educacional.

APRESENTAÇÃO

Saudações, educadores comprometidos com o aprendizado inclusivo e enriquecedor no Ensino Médio. É com grande honra que apresentamos a vocês um Produto Educacional desenvolvido para professores de Física do Ensino Médio, com um enfoque particular na rede pública. Este guia é fruto de uma pesquisa aprofundada realizada no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob a orientação do Professor Dr. Valdemiro da Paz Brito.

Através deste trabalho, buscamos oferecer uma ferramenta didática inovadora e acessível, que não apenas facilita a compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica, mas também promove um ambiente de aprendizagem inclusivo para todos os alunos, especialmente aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Esperamos que este guia sirva como um recurso valioso, capacitando os professores a implementar estratégias pedagógicas eficazes e estimulantes em suas salas de aula.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reflexão e Refração da Luz.....	105
Figura 2: Reflexão e Refração Regulares da Luz.....	107
Figura 3: Reflexão e Refração Difusas da Luz.....	107
Figura 4: Reflexão em um Espelho Plano	109
Figura 5: Formação de Imagens em um Espelho Plano	109
Figura 6a: Elementos geométricos dos espelhos esféricos.....	111
Figura 6b: Elementos geométricos dos espelhos esféricos	111
Figura 7: Dispersão da Luz	115
Figura 8a: Lente Convergente	117
Figura 8b: Lente Divergente	117
Figura 9: Representação esquemática de uma câmera fotográfica.....	119
Figura 10: Representação esquemática em corte e cores-fantasia do bulbo do olho humano	121
Figura 11: Representação esquemática do olho humano com miopia.....	122
Figura 12: Esquema de correção da miopia	123
Figura 13: Representação esquemática do olho humano com hipermetropia	124
Figura 14: Esquema de correção da hipermetropia	124
Figura 15: Jogo de Tabuleiro FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica...	126
Figura 16: Pergunta Fácil	127
Figura 17: Pergunta Mediana	128
Figura 18: Pergunta Difícil.....	129

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	102
1.1	Usando este Guia de Regras	103
1.1.1	Guia Introdutório ao jogo educativo FisMax.....	103
1.1.2	Conteúdos de Física presentes no Jogo.....	103
1.1.3	As regras do jogo	104
2	CONTEÚDOS DE FÍSICA PRESENTES NO JOGO	105
2.1	Fenômenos físicos fundamentais na Óptica Geométrica	105
2.1.1	Reflexão e refração regulares e difusas.....	106
2.1.2	Reflexão: conceito, elementos e leis	108
2.1.3	As leis da reflexão.....	108
2.1.4	Reflexão e formação de imagens	109
2.1.5	Classificação e elementos geométricos dos espelhos esféricos	110
2.1.6	Refração: conceito, elementos e leis	112
2.1.7	Ângulo limite e reflexão total	113
2.1.8	A Dispersão da luz.....	114
2.2	Lentes Esféricas	115
2.2.1	Construção Gráfica de imagens em lentes esféricas	116
2.2.2	Equação dos fabricantes de lentes.....	118
2.3.1	Instrumentos ópticos.....	119
2.3.2	Bulbo do olho humano.....	120
2.3.3	Defeitos visuais e suas correções.....	122
3	REGRAS DO JOGO	126
3.1	Os Níveis de Dificuldades e Cartas Niveladas.....	127
3.2	Utilização para Compreensão dos Alunos com TEA.....	129
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132

REFERÊNCIAS.....	133
APÊNDICE A – Tabuleiro	135
APÊNDICE B – Cartas Perguntas	136
APÊNDICE C – Cartas Respostas	139

1 INTRODUÇÃO

Sejam bem-vindos(as) ao Produto Educacional FisMax!

Este guia de regras, intitulado FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica, é o seu mapa para explorar um jogo de tabuleiro especialmente criado para melhorar as habilidades socioemocionais de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Inspirado pelas teorias de aprendizagem de Lev Vygotsky, o FisMax combina diversão e educação de maneira interativa e inclusiva.

O objetivo é avançar pelo tabuleiro respondendo corretamente às perguntas sobre conceitos ópticos. O jogo é projetado para grupos de 2 a 6 jogadores e dura aproximadamente 45 a 60 minutos por partida. A jornada pelo tabuleiro não é apenas uma competição, mas uma oportunidade de colaboração e aprendizado mútuo, refletindo a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky, onde a interação com colegas promove o crescimento intelectual (Silva, 2019).

FisMax oferece uma experiência de aprendizagem ativa, onde os conceitos de Óptica Geométrica são explorados de maneira divertida e envolvente. Vygotsky (1978) destaca a importância dos elementos mediadores no processo de aprendizagem, e no FisMax, esses elementos incluem perguntas desafiadoras, suporte visual claro e um design adaptado para alunos com TEA. A mediação é central no jogo, onde a estrutura e as regras facilitam o aprendizado e o desenvolvimento de habilidades.

Além dos benefícios acadêmicos, o FisMax promove o desenvolvimento socioemocional, incentivando a comunicação, cooperação e resolução de problemas entre os jogadores. As interações sociais durante o jogo são uma aplicação prática da teoria de Vygotsky, que considera a interação social como fundamental para o desenvolvimento cognitivo.

O tabuleiro do FisMax foi cuidadosamente projetado para otimizar a experiência de aprendizagem. O design visual é colorido e atraente, com seções claramente marcadas para facilitar a navegação. Para atender às necessidades sensoriais específicas de alunos com TEA, elementos táteis e texturas foram incorporados ao tabuleiro, tornando-o acessível.

Adicionalmente, as cartas correspondentes às perguntas e repostas no tabuleiro são organizadas em três níveis de dificuldades (fácil, médio e difícil), identificados por cores (verde para fácil, azul para médio e vermelho para difícil). Essa estrutura permite que os

alunos avancem conforme seu próprio ritmo, refletindo a teoria da ZDP de Vygotsky, onde desafios são ajustados para promover o aprendizado efetivo.

Portanto, este guia oferece uma visão geral do jogo e seus benefícios, ajudando os educadores a criarem um ambiente de aprendizado inclusivo e estimulante. Para regras detalhadas e explicações do jogo, consulte as seções 2 e 3 deste manual.

1.1 Usando este Guia de Regras

Este guia está dividido em três seções: a primeira é focada na introdução e explicação do Jogo FisMax; a segunda é direcionada à explicação dos conteúdos de Física (Óptica Geométrica) presentes no jogo, especialmente nas cartas; enquanto a última seção aborda as regras que compõem o sistema do jogo.

1.1.1 Guia Introdutório ao jogo educativo FisMax

A primeira seção deste manual apresenta um guia introdutório sobre o Jogo de Tabuleiro FisMax, tanto para professores familiarizados com jogos educativos, quanto para aqueles que são iniciantes ou que desconhecem utilizar este tipo de recurso. A seção está subdividida nas seguintes categorias:

- Apresentação do Guia: Definições do jogo e visão geral de como jogar;
- Características do Jogo de Tabuleiro: Benefícios educacionais e inclusivos do FisMax;
- Estrutura do Tabuleiro: Configuração e design do tabuleiro para otimizar a experiência de aprendizagem.

Esta seção oferece diretrizes essenciais para os professores antes de aplicarem o FisMax em suas aulas. Para regras detalhadas e explicações sobre o jogo, consulte as seções 2 e 3 deste manual.

1.1.2 Conteúdos de Física presentes no Jogo

Nesta seção do guia de regras, apresentamos os conteúdos sobre Óptica Geométrica que estão presentes no jogo FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica. Vamos explorar conceitos como reflexão, refração e a formação de imagens por lentes e espelhos, com ilustrações que ajudarão a visualizar e compreender cada tópico. Embora esses conteúdos estejam incorporados nas cartas do jogo, aqui explicamos os conceitos de forma

detalhada, contextualizando-o para a utilização prática das cartas, que será descrita na seção 3.

1.1.3 As regras do jogo

A terceira seção fornece as regras do jogo, isto é, vamos explorar as regras básicas para que todos possam aproveitar ao máximo esta experiência educativa e inclusiva. No FisMax, cada jogador percorre o tabuleiro respondendo questões sobre Óptica Geométrica. Para começar, escolha um peão específico e coloque-o na casa inicial. Em cada etapa, jogue o dado e avance o número de casas correspondente. Leia a questão em voz alta, se o estudante responder corretamente, ele se aproxima da vitória. Caso contrário, ele retorna à casa inicial.

As cartas de questões são divididas em três níveis de dificuldade. As cartas verdes representam o nível fácil, com questões introdutórias. As cartas azuis são de nível médio, trazendo questões intermediárias para testar seu conhecimento. As cartas vermelhas, de nível difícil, contêm questões avançadas para quem está pronto para um grande desafio. As perguntas e respostas foram pensadas para estimular o desenvolvimento cognitivo dos alunos, e as figuras e as cores das cartas ajudam a relacionar conceitos, tornando a aprendizagem mais visual e interativa.

FisMax é projetado para ser inclusivo, especialmente para alunos com TEA. Estratégias como regras claras, estrutura previsível e o uso de cores para organizar as dificuldades ajudam a criar um ambiente seguro e acolhedor. Além disso, o jogo promove habilidades socioemocionais, como cooperação e comunicação, tornando o aprendizado uma experiência enriquecedora para todos. Sobre a avaliação das respostas caberá ao aluno mediador e ao professor da disciplina, avaliar o desempenho dos estudantes, seguindo os seguintes critérios:

- Visão geral da resolução.
- Clareza na organização da resolução.
- Apresentação visual e esquemática da abordagem e dos resultados.
- Conclusão estritamente relacionada com a questão formulada.

Agora que você conhece as regras básicas, prepare-se para uma jornada pelo mundo da Óptica Geométrica. Divirta-se e aprenda muito com o FisMax!

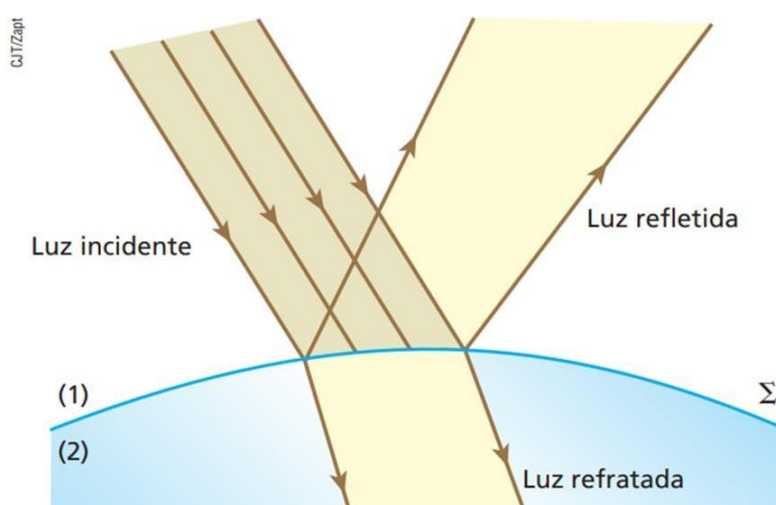
2 CONTEÚDOS DE FÍSICA PRESENTES NO JOGO

A segunda seção do manual é dedicada aos conteúdos de Óptica Geométrica presentes no jogo. Esta seção tem como objetivo proporcionar uma compreensão detalhada dos conceitos fundamentais de Óptica Geométrica, que são essenciais para a utilização prática das cartas do jogo.

2.1 Fenômenos físicos fundamentais na Óptica Geométrica

A Óptica Geométrica estuda as trajetórias da luz em sua propagação, focando em dois fenômenos principais: a reflexão e a refração (Ramalho; Nicolau; Toledo, 2019). Considere uma superfície Σ que separa dois meios transparentes, 1 e 2. Imagine um feixe luminoso cilíndrico que, ao se propagar no meio 1, incide sobre Σ , como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Reflexão e Refração da Luz



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

Conforme ilustrado na Figura 1, uma parte da energia luminosa incidente retorna ao meio 1, caracterizando o fenômeno da reflexão. Outra parte da energia luminosa incidente passa para o meio 2, caracterizando o fenômeno da refração.

1. **Reflexão:** é quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao meio de origem. Exemplo: Quando uma parte da luz refletida por uma porta de vidro permite que você veja sua própria imagem.
2. **Refração:** acontece quando a luz passa de um meio para outro diferente. Exemplo: Quando a luz atravessa uma porta de vidro, refratando-se, e permitindo que pessoas no ambiente mais escurecido possam vê-lo.

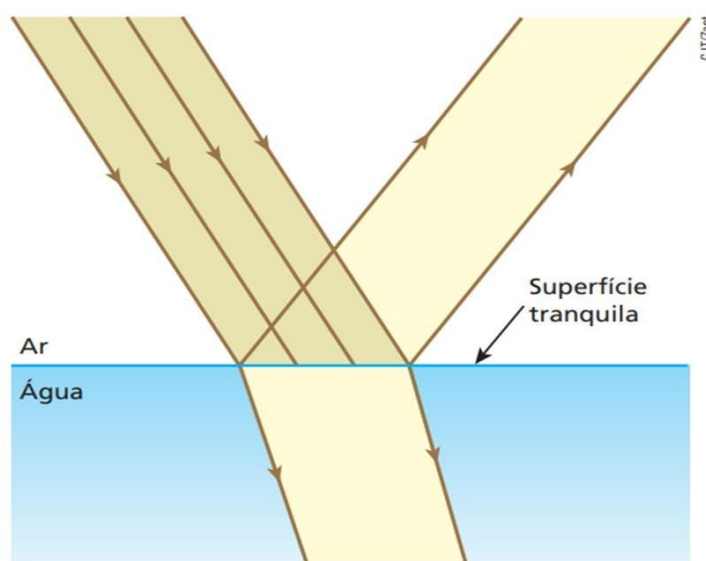
Na reflexão, tanto a frequência quanto a intensidade da velocidade de propagação da luz são conservadas. Na refração, a frequência é conservada, mas a velocidade de propagação varia conforme o comprimento de onda. Por exemplo, imagine que você está em um local bem iluminado, diante de uma porta de vidro transparente que dá acesso a um ambiente mais escuro. Parte da luz refletida pelo seu corpo sofrerá reflexão na porta de vidro, permitindo que você veja sua imagem. Outra parte da luz atravessará o vidro, refratando-se e possibilitando que pessoas no ambiente mais escuro também vejam você (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2018).

2.1.1 Reflexão e refração regulares e difusas

A maior ou menor regularidade da superfície sobre a qual incide a luz pode determinar dois tipos de reflexão e refração: a regular e a difusa. Por exemplo, considere a superfície de um lago sem qualquer perturbação. Nessas condições, a superfície da água apresenta-se praticamente desprovida de ondulações ou irregularidades (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2018).

A reflexão e refração regulares ocorrem em superfícies lisas, como a água tranquila de um lago, onde os raios refletidos e refratados mantêm direções paralelas, como ilustrado na Figura 2.

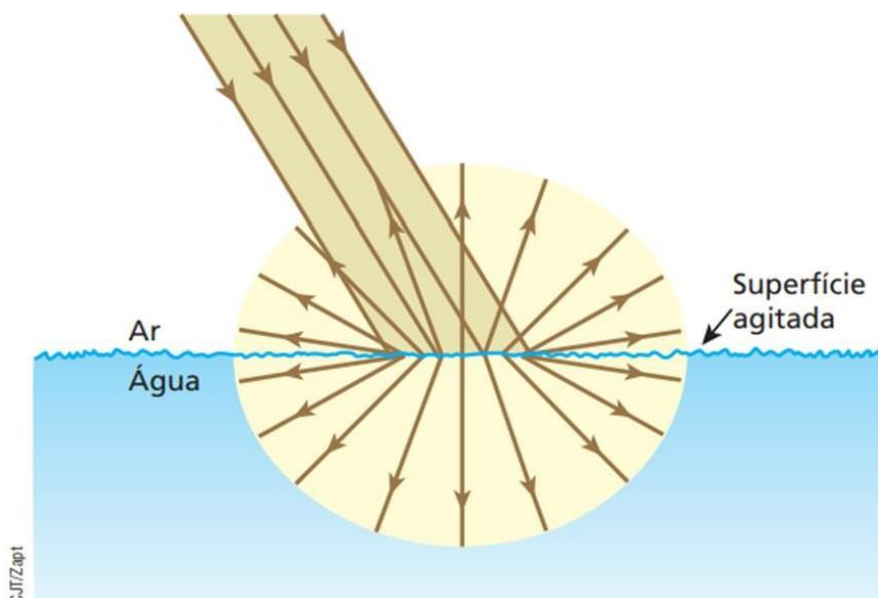
Figura 2: Reflexão e Refração Regulares da Luz



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

Em contraste, a reflexão e refração difusas ocorrem em superfícies irregulares, como a água de um lago agitada pela chuva, fazendo com que os raios refletidos e refratados se espalhem em direções diversas, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Reflexão e Refração Difusas da Luz



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

A difusão da luz é crucial para a visão dos objetos ao nosso redor; por exemplo, em um quarto escuro, a fumaça difunde a luz, tornando-a visível aos nossos olhos. Além disso, a luz solar, ou luz branca, é policromática, composta por diversas cores, incluindo vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta, o que explica a ocorrência de fenômenos como a reflexão e a refração seletivas.

Por volta de 1665, Isaac Newton (1642-1727) fez uma descoberta significativa sobre a natureza da luz. Ao contrário do que se acreditava na época, Newton verificou que as luzes coloridas, como a amarela e a azul, não eram modificações da luz branca, mas componentes dela.

Newton realizou um experimento com um prisma para dispersar um estreito feixe de luz branca solar, projetando um espectro multicolorido em um anteparo. Esse espectro era constituído por sete cores principais: vermelha (menor desvio), alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta (maior desvio). Ao tentar decompor um feixe de luz monocromática amarela, Newton não obteve sucesso, o que confirmou sua teoria de que apenas a luz branca pode ser decomposta em suas cores componentes (Villas Bôas; Doca; Biscuola, 2018).

2.1.2 Reflexão: conceito, elementos e leis

Na mitologia grega, Narciso, um jovem belíssimo, foi condenado pela deusa Nêmeses a apaixonar-se por sua própria imagem refletida nas águas de um lago tranquilo, levando-o à obsessão e eventual fraqueza. Esta narrativa inspirou muitos artistas, incluindo Caravaggio, cuja obra retrata Narciso admirando seu reflexo (reflexão).

2.1.3 As leis da reflexão

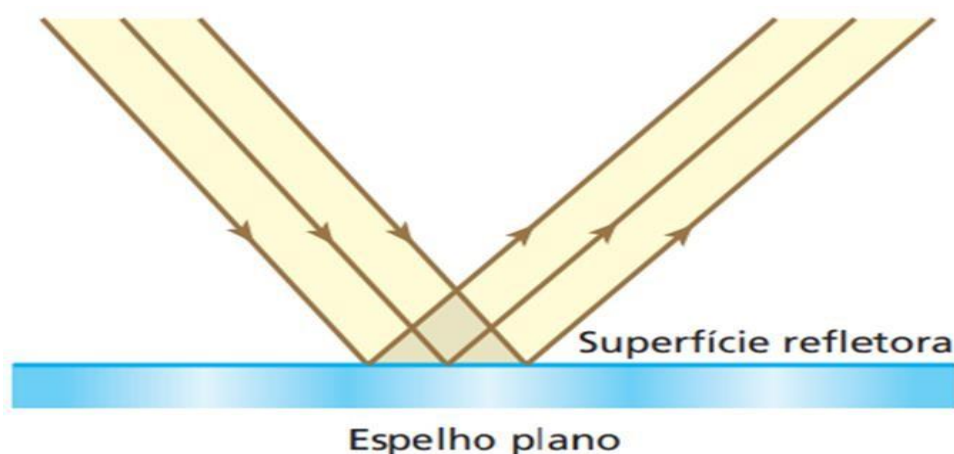
A Reflexão é o fenômeno onde a luz volta a se propagar no meio de origem após incidir na superfície de separação desse meio com outro.

1. Primeira Lei da Reflexão: O raio refletido pertence ao plano de incidência, ou seja, o raio refletido, a reta normal no ponto de incidência e o raio incidente são coplanares.
2. Segunda Lei da Reflexão: O ângulo de reflexão é sempre igual ao ângulo de incidência.

2.1.4 Reflexão e formação de imagens

Espelhos planos (qualquer superfície plana, polida e com alto poder refletor) são geralmente confeccionados a partir de uma lâmina de vidro hialino de faces paralelas, sendo uma delas recoberta por uma película de nitrato de prata que se reduz a prata metálica. A fixação é feita com uma fina camada de cobre que recebe demãos de tinta e verniz. Em um espelho plano, há predominância da reflexão regular, onde os ângulos de incidência e reflexão são iguais, e os raios de luz refletem de forma ordenada, permitindo a formação de imagens nítidas, conforme a Figura 4.

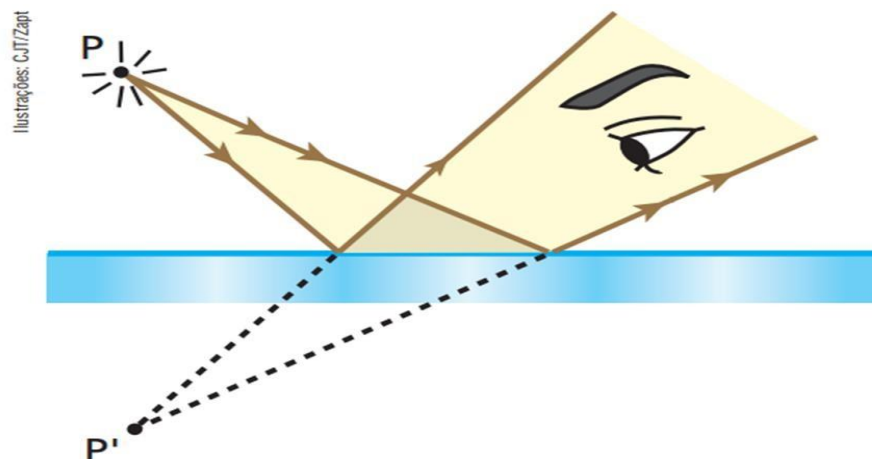
Figura 4: Reflexão em um Espelho Plano



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018)

Considere o espelho plano abaixo e um ponto luminoso P. Para traçar a imagem de P conjugada pelo espelho, utilizamos dois raios luminosos (pelo menos) que, partindo de P, incidem no espelho. Esses raios incidentes determinam raios refletidos, cujos prolongamentos se interceptam no ponto P', conforme a Figura 5.

Figura 5: Formação de Imagens em um Espelho Plano



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

O ponto P' , que é o vértice do pincel luminoso emergente do sistema, é a imagem do objeto P , conjugada pelo espelho. P é um objeto real, enquanto P' é uma imagem virtual (formada “atrás do espelho”, obtida pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios refletidos). Em relação ao olho do observador, P' se comporta como objeto real, como se a luz fosse proveniente desse ponto. Nos espelhos planos, o objeto e a respectiva imagem têm sempre naturezas opostas: se o primeiro for real, o outro será virtual, e vice-versa.

Em viaturas utilizadas em emergências, como ambulâncias e carros de bombeiros, é comum pintar a palavra que as designa “ao contrário”. O objetivo é proporcionar aos motoristas que estão à frente uma leitura adequada em seus espelhos retrovisores.

2.1.5 Classificação e elementos geométricos dos espelhos esféricos

Espelhos esféricos são superfícies refletoras que fazem parte de uma esfera. Existem dois tipos principais de espelhos esféricos: côncavos e convexos. Ambos são amplamente utilizados em diversas aplicações devido às suas propriedades únicas de formação de imagens, conforme Figura 6a e Figura 6b.

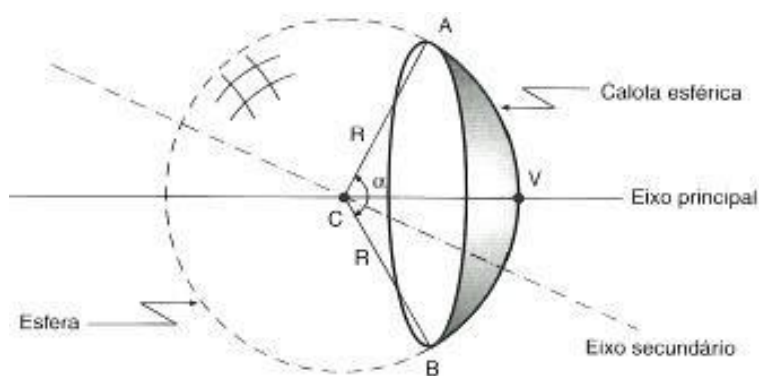
Os espelhos côncavos possuem a superfície refletora voltada para o interior da esfera. Eles são usados para produzir imagens aumentadas e são comumente encontrados em espelhos de maquiagem e refletores de luz. A principal característica desses espelhos é a capacidade de convergir raios de luz paralelos que incidem sobre eles, formando imagens reais ou virtuais, dependendo da posição do objeto.

Por outro lado, os espelhos convexos têm a superfície refletora voltada para fora da esfera. Eles são usados para proporcionar um campo visual maior, o que os torna ideais para

retrovisores de veículos e espelhos de segurança em garagens e cruzamentos de ruas estreitas. A imagem formada por um espelho convexo é sempre virtual, direita e menor do que o objeto, oferecendo uma visão ampla e segura do ambiente.

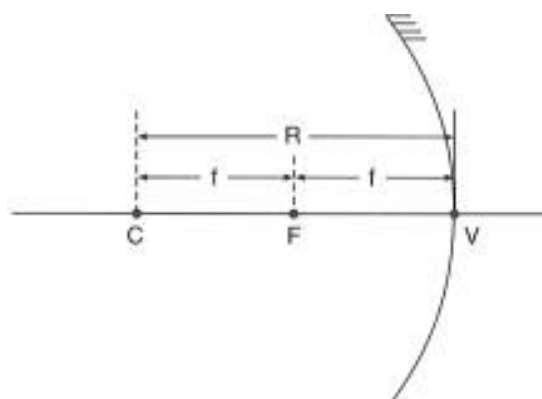
Os espelhos esféricos possuem diversos elementos geométricos importantes que determinam a formação das imagens, conforme mostradas nas Figuras 6a e na Figura 6b.

Figura 6a: Elementos geométricos dos espelhos esféricos



Fonte: Brito (2014)

Figura 6b: Elementos geométricos dos espelhos esféricos



Fonte: Brito (2014)

- O Centro de Curvatura (C) é o ponto central da esfera que completa a calota.
- O Vértice (V) é o ponto central (polo) da calota esférica.
- O Raio de Curvatura (R) é o raio da esfera ou distância entre o Centro de Curvatura e o Vértice.

- O Eixo Principal é a linha que passa pelo Centro de Curvatura (C) e pelo Vértice (V) do espelho.
- A Abertura (α) é o ângulo formado pelos raios que passam pelos pontos A e B, simétricos em relação ao eixo principal.
- Foco Principal (F) é o ponto no Eixo Principal onde os raios paralelos ao Eixo Principal convergem após serem refletidos.
- Distância focal (f) é a posição do foco em relação ao vértice dos espelhos esféricos (metade do raio de curvatura).

Esses elementos geométricos juntos determinam como os espelhos esféricos formam imagens, seja para ampliação, redução ou inversão delas. Para construir a imagem de um objeto em espelhos esféricos, utilizamos pelo menos dois raios luminosos incidentes. No caso de espelhos convexos, a imagem formada é sempre virtual, direita e menor, sendo formada pelos prolongamentos dos raios refletidos. Em espelhos côncavos, a formação da imagem varia de acordo com a posição do objeto em relação ao espelho.

2.1.6 Refração: conceito, elementos e leis

Este tópico permite o entendimento de muitos fenômenos comuns no dia a dia, como a aparente profundidade menor de uma piscina, miragens em estradas quentes e o arco-íris. Além disso, é fundamental para a fabricação de instrumentos ópticos como lunetas, microscópios, câmeras fotográficas, óculos, binóculos e projetores de imagens.

O índice de refração (n) de um meio é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v). É uma medida da velocidade da luz no meio em relação ao vácuo. No vácuo, o índice de refração é sempre 1. Nos meios materiais, o índice de refração é maior que 1 e depende da frequência da luz. O índice de refração relativo entre dois meios é dado pela razão entre seus índices absolutos para a mesma luz.

Diz-se que um meio é mais refringente do que outro quando seu índice de refração é maior. Por exemplo, a água ($n = 1,33$) é mais refringente do que o ar ($n = 1$), mas menos refringente do que o diamante ($n = 2,42$). O índice de refração quantifica a maneira como a luz se propaga através de um material; quanto maior o índice, maior é o desvio da luz ao entrar no material. Assim, o diamante, com seu elevado índice de refração, desvia a luz mais significativamente do que a água e o ar. Em termos físicos, um meio é considerado mais

refringente do que outro quando a luz se propaga através dele com uma velocidade inferior àquela no outro meio (Villas Boas; Doca; Biscuola, 2018).

Um dióptro é um sistema composto por dois meios transparentes de diferentes índices de refração, que formam uma fronteira regular entre si. Se a fronteira é plana, é chamado de dióptro plano; se for esférica, é um dióptro esférico, e assim por diante. Exemplos incluem os sistemas ar/água e ar/vidro, desde que as fronteiras entre esses meios sejam regulares.

A refração da luz é o fenômeno no qual a luz é transmitida de um meio para outro com diferentes propriedades ópticas. Durante essa transição, a velocidade de propagação da luz muda, mas a frequência da luz permanece constante. O comprimento de onda da luz varia de acordo com a velocidade, de acordo com a relação $\lambda = v/f$.

As leis que regem a refração são:

1. Primeira Lei da Refração: O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície de incidência estão todos no mesmo plano.
1. Segunda Lei da Refração (Lei de Snell): A razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante para cada par de meios e para cada luz monocromática. Matematicamente, isso é expresso como $n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$, onde n_1 e n_2 são os índices de refração dos meios 1 e 2, respectivamente, e θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração, respectivamente.
2. O desvio δ do raio incidente ao passar por um dióptro pode ser calculado usando a Lei de Snell. Em geral, quando um raio de luz incide obliquamente de um meio menos refringente para um mais refringente, ele se aproxima da normal ao refratar-se.

2.1.7 Ângulo limite e reflexão total

Quando um raio de luz incide obliquamente na fronteira de um dióptro, passando do meio mais refringente para o menos refringente ($n_2 > n_1$), ele se afasta da normal ao refratar-se, experimentando um desvio δ ($\delta = \theta_2 - \theta_1$). Isso ocorre porque a velocidade de propagação da luz aumenta ao passar para o meio menos refringente ($v_2 > v_1$).

A incidência normal é quando o raio de luz incide perpendicularmente à fronteira do dióptro, ou seja, o raio incidente coincide com a reta normal ($\theta_1 = 0^\circ$ e $\sin \theta_1 = 0$). Nesse

caso, não há desvio na direção de propagação da luz ao refratar-se, pois, todas as partes da frente de luz alteram suas velocidades simultaneamente, mantendo a mesma direção.

Quando a luz incide na fronteira de um dióptro, geralmente ocorrem tanto refração quanto reflexão. Para um dado dióptro e um pincel de luz incidente específico, a quantidade de luz refletida aumenta com o aumento do ângulo de incidência.

Na passagem de um meio mais refringente para outro menos refringente, as figuras a seguir mostram como a quantidade de luz refratada diminui à medida que o ângulo de incidência aumenta, enquanto a quantidade de luz refletida aumenta.

À medida que o ângulo de incidência tende a um valor específico chamado de ângulo limite (denotado como L), o ângulo de refração tende a 90° , e a quantidade de luz refratada tende a zero. Quando o ângulo de incidência atinge esse ângulo limite, não ocorre mais refração; a luz incidente é totalmente refletida. Esse fenômeno é conhecido como reflexão total.

Para calcular o ângulo limite (L), utilizamos a relação:

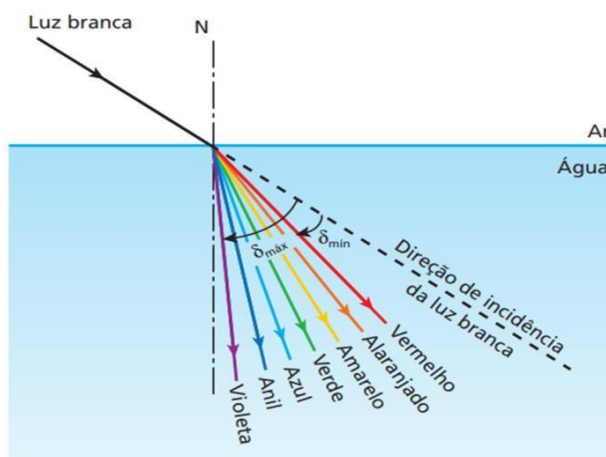
$$\text{sen } L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} \quad \text{Eq. 2.1}$$

É importante destacar que a reflexão total só ocorre se duas condições ocorrerem: A luz deve se propagar do meio mais refringente para o menos refringente; o ângulo de incidência deve ser igual ou superior ao ângulo limite do dióptro.

Um exemplo cotidiano disso é quando um nadador, olhando de dentro da água para fora, pode experimentar reflexão total na superfície da água. Isso ocorre porque, quando o ângulo de visão excede o ângulo limite, a luz não é refratada para dentro da água, mas sim refletida de volta, como se a superfície da água agisse como um espelho.

2.1.8 A Dispersão da luz

Quando uma frente de luz passa do ar para a água, as partes que já estão na água estão atrasadas em relação às partes que ainda estão no ar. Esse atraso é maior para a luz violeta e menor para a luz vermelha. Devido a essa diferença, as cores diferentes da luz, incluindo vermelho e violeta, seguem caminhos diferentes dentro da água, o que caracteriza o fenômeno da dispersão.

Figura 7: Dispersão da Luz

Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

A Figura 7 mostra os raios de luz branca separando-se em suas sete cores componentes ao passar por um prisma ou outro meio dispersor. Observe que a luz vermelha sofre o menor desvio ($\delta_{\min}$) em relação à direção de incidência da luz branca, enquanto a luz violeta sofre o maior desvio ($\delta_{\max}$).

O arco-íris é um fenômeno natural onde a luz solar é dispersa em gotas de chuva. Quando a luz branca penetra na gota, ela se decompõe em várias cores que, em seguida, são refletidas parcialmente nas paredes internas da gota. Isso cria o espectro de cores que vemos como um arco-íris.

2.2 Lentes Esféricas

As lentes esféricas podem exibir comportamento óptico convergente ou divergente, dependendo do índice de refração em relação ao meio externo:

1. Comportamento convergente: Lentes convergentes fazem com que raios de luz paralelos entre si se refratem e convergem para um ponto focal após atravessá-las. Exemplos incluem lentes plano-convexas e biconvexas.
2. Comportamento divergente: Lentes divergentes fazem com que raios de luz paralelos entre si se refratem e divergem após atravessá-las. Exemplos incluem lentes plano-côncavas e bicôncavas.

O centro óptico de uma lente esférica é o ponto do eixo principal por onde passa um raio luminoso sem sofrer desvio angular significativo. Nas lentes delgadas, esse ponto é onde ocorre o mínimo deslocamento lateral do raio luminoso.

As lentes delgadas possuem focos principais:

Foco principal objeto (F): Onde raios luminosos paralelos convergem antes de atravessar a lente.

Foco principal imagem (F'): Onde raios luminosos paralelos emergem e parecem se originar após atravessar a lente.

Além dos focos principais, as lentes delgadas possuem focos secundários, que se localizam aproximadamente no mesmo plano dos focos principais, conhecidos como planos focais.

Nas lentes convergentes, os focos são reais, enquanto nas lentes divergentes, são virtuais devido aos prolongamentos dos raios de luz.

Esses princípios são fundamentais para entender como as lentes esféricas manipulam a luz, influenciando desde a formação de imagens até aplicações práticas como o uso de lentes convergentes para produzir fogo através de uma lupa.

A distância focal (f) de uma lente esférica delgada é a distância entre o centro óptico (O) e o foco principal (F ou F') da lente. Para lentes delgadas imersas no mesmo meio, a distância focal é a mesma para o foco objeto (F) e o foco imagem (F').

Os pontos antiprincipais são localizados a uma distância de $2f$ do centro óptico ao longo do eixo principal da lente. O ponto antiprincipal objeto (A) está localizado a $2f$ antes do centro óptico, enquanto o ponto antiprincipal imagem (A') está a $2f$ após o centro óptico.

Para construir graficamente imagens formadas por lentes esféricas, são úteis três raios luminosos particulares:

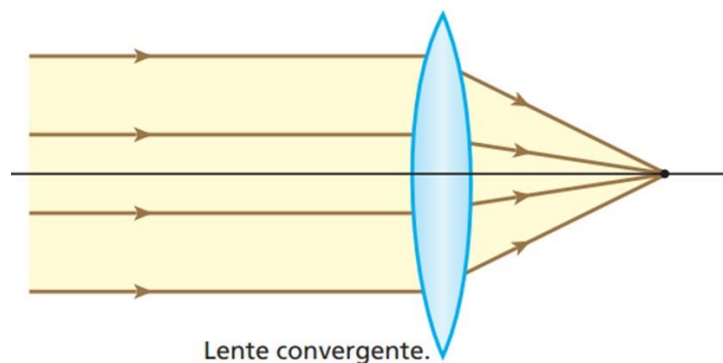
1. Raio que incide no centro óptico: este raio refrata diretamente sem sofrer desvio angular.
2. Raio paralelo ao eixo principal: incide na lente e refrata passando pelo foco principal imagem (F').
3. Raio que incide pelo foco principal objeto (F): Refrata paralelamente ao eixo principal após atravessar a lente.

Esses raios são essenciais na construção de imagens para diferentes posições de objetos em relação às lentes.

2.2.1 Construção Gráfica de imagens em lentes esféricas

As lentes esféricas podem apresentar dois comportamentos ópticos opostos: convergente e divergente. No caso convergente, raios de luz que incidem paralelamente na lente se refratam convergindo para um ponto comum, caracterizando uma lente convergente, conforme indicado na Figura 8a.

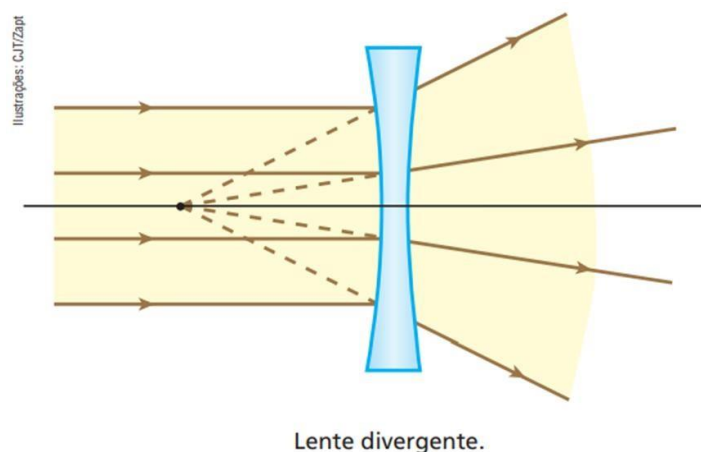
Figura 8a: Lente Convergente



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

Por outro lado, no comportamento divergente, raios de luz que incidem paralelamente na lente se refratam divergindo de um ponto comum, caracterizando uma lente divergente, conforme indicado na Figura 8b.

Figura 8b: Lente Divergente



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

Qualquer lente esférica pode ser convergente ou divergente, dependendo do seu índice de refração em relação ao do meio externo. Para lentes com comportamento convergente, como as lentes plano-convexas, onde o índice de refração da lente (n_2) é maior que o do meio externo (n_1), a lente é mais refringente que o meio externo. Já para lentes plano-côncavas, onde o índice de refração da lente (n_2) é menor que o do meio externo (n_1), a lente é menos refringente que o meio externo. Para lentes com comportamento divergente, a situação se inverte. Um lente plano- côncava, onde n_2 é maior que n_1 , será mais refringente que o meio externo, enquanto uma lente plano-convexa, onde n_2 é menor que n_1 , será menos refringente que o meio externo.

Em fotografias, as lentes mais refringentes que o meio envolvente mostra que uma lente biconvexa é convergente e uma bicôncava é divergente. Assim, se a lente é mais refringente que o meio externo, lentes com bordas finas são convergentes e com bordas grossas são divergentes, sendo este o caso mais comum. Se a lente é menos refringente que o meio externo, lentes com bordas finas são divergentes e com bordas grossas são convergentes, o que é menos comum.

2.2.2 Equação dos fabricantes de lentes

A Equação dos Fabricantes de Lentes, atribuída ao astrônomo inglês Edmond Halley (1656-1742), permite calcular a abscissa focal (ou a vergência) de uma lente, sendo conhecido seu índice de refração em relação ao meio externo e os raios de curvatura de suas faces. Para uma lente com índice de refração n em relação ao meio externo com índice n_1 , e raios de curvatura R_1 e R_2 para suas faces, a abscissa focal f é dada por:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} \right) - \left(\frac{1}{R_2} \right) \quad \text{Eq. 2.3}$$

Para que os resultados da Equação dos Fabricantes de Lentes estejam de acordo com o referencial gaussiano (convenção padrão na óptica):

- Faces Convexas: Os raios de curvatura são positivos ($R > 0$).
- Faces Côncavas: Os raios de curvatura são negativos ($R < 0$).

Esta convenção de sinais é essencial para garantir que os cálculos correspondam à realidade física das lentes e sejam consistentes com as expectativas ópticas tradicionais.

2.3 Instrumentos Ópticos e Óptica da Visão

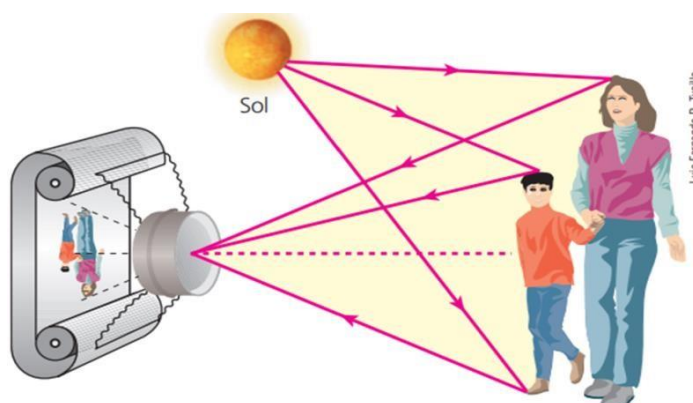
A **Óptica** está presente em nosso dia a dia de maneiras que muitas vezes passam despercebidas. Desde as simples lentes de uma lupa até os sofisticados sistemas ópticos de câmeras e projetores, ela desempenha um papel fundamental em diversas tecnologias. Neste tópico, exploraremos as aplicações práticas dos **Instrumentos Ópticos**.

2.3.1 Instrumentos ópticos

Os conceitos, as leis e os sistemas ópticos constituem a base teórica para a implementação de instrumentos ópticos, que desempenharam papel crucial na história do conhecimento humano. Esses instrumentos são amplamente utilizados em diversas áreas, como Fotografia, Biologia e Astronomia.

A câmera fotográfica é um dispositivo destinado à fixação de imagens. A objetiva da câmera (sistema convergente formado por uma ou mais lentes) projeta a imagem real e invertida do motivo da fotografia sobre um anteparo fotossensível, onde, devido a fenômenos fotoquímicos ou fotoeletrônicos, a imagem fica gravada. A Figura 9 representa esquematicamente uma câmera fotográfica.

Figura 9: Representação esquemática de uma câmera fotográfica



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

Um projetor é um dispositivo que fornece, de um objeto real (arquivo eletrônico, diapositivo ou filme), uma imagem real projetada em uma tela. A imagem final é invertida (na vertical e na horizontal) e ampliada, sendo visível para vários espectadores ao mesmo tempo.

Uma lupa é um sistema convergente de distância focal da ordem de centímetros, utilizado como lente de aumento em diversas atividades. Ela fornece uma imagem virtual, direita e ampliada do objeto real.

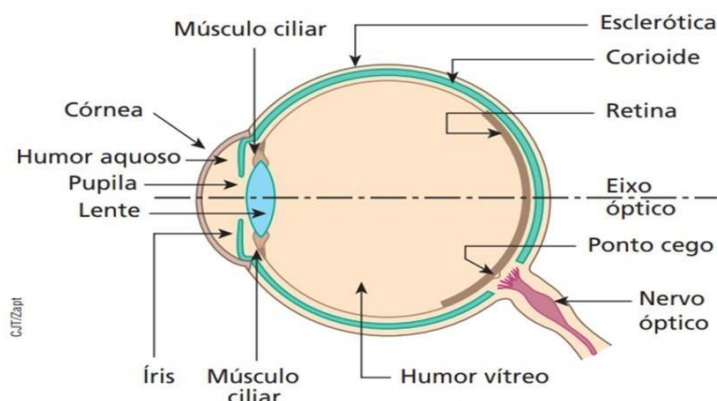
O microscópio composto é um instrumento de aumento constituído por dois sistemas convergentes de lentes: a objetiva e a ocular. A objetiva capta a primeira imagem do objeto, que é real, invertida e ampliada, enquanto a ocular, operando como lupa, forma a imagem final, que é virtual, direita e ampliada.

A ampliação total fornecida por um microscópio composto é o produto dos aumentos da objetiva e da ocular. Nos microscópios compostos, o aumento linear transversal nunca excede algumas centenas de vezes, ficando em média na faixa de 300 vezes.

2.3.2 Bulbo do olho humano

O bulbo do olho humano, como representado na Figura 10, é uma estrutura aproximadamente esférica, com 22 mm de diâmetro, composta por várias camadas que desempenham funções específicas na óptica da visão. A córnea, na parte anterior, é uma região abaulada que permite a entrada de luz no olho. A esclerótica, externamente, é uma camada opaca e resistente que protege e dá estabilidade mecânica ao olho. Internamente, a corioide é altamente vascularizada, fornecendo irrigação sanguínea necessária. A retina, localizada na parte posterior, é composta por células sensoriais que convertem estímulos luminosos em sinais elétricos, transmitidos ao cérebro pelo nervo óptico.

Figura 10: Representação esquemática em corte e cores-fantasia do bulbo do olho humano



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

O interior do bulbo do olho é preenchido por diversos elementos ópticos: o humor aquoso, um líquido transparente anterior à pupila, que regula a quantidade de luz que entra através desta abertura circular. A íris, constituída por músculos que ajustam o diâmetro da pupila em resposta à luminosidade ambiente, e a lente, flexível e deformável pelos músculos ciliares, ajustam a focagem para diferentes distâncias. O humor vítreo preenche a câmara interna, proporcionando suporte estrutural.

O sistema óptico convergente do olho forma uma imagem real e invertida no fundo do olho (retina), onde cones e bastonetes são responsáveis pela percepção das cores e luzes, respectivamente. Apesar da inversão da imagem retiniana, o cérebro interpreta essa informação corretamente. A pupila, variando de diâmetro conforme a intensidade luminosa, regula o fluxo de luz para proteger a retina e ajustar a sensibilidade visual.

Portanto, o bulbo do olho humano é uma estrutura complexa e altamente especializada, crucial para a captação e processamento da informação visual através de adaptações físicas e sensoriais que permitem a visão em diferentes condições de iluminação.

A acomodação visual no bulbo do olho humano refere-se à capacidade de ajustar a distância focal da lente para formar imagens nítidas de objetos situados a diferentes distâncias. A lente do olho, que possui uma distância focal variável, é controlada pelos músculos ciliares, os quais alteram sua forma conforme a necessidade de focar em objetos próximos ou distantes.

Quando um objeto está próximo ao olho, os músculos ciliares se contraem, o que faz a lente se tornar mais espessa e aumentar sua curvatura, reduzindo assim a distância focal.

Isso permite a formação de uma imagem nítida na retina. Esse ponto mais próximo ao qual o olho consegue focar claramente é chamado de ponto próximo (PP), geralmente situado a cerca de 25 cm do olho, variando conforme a idade do indivíduo.

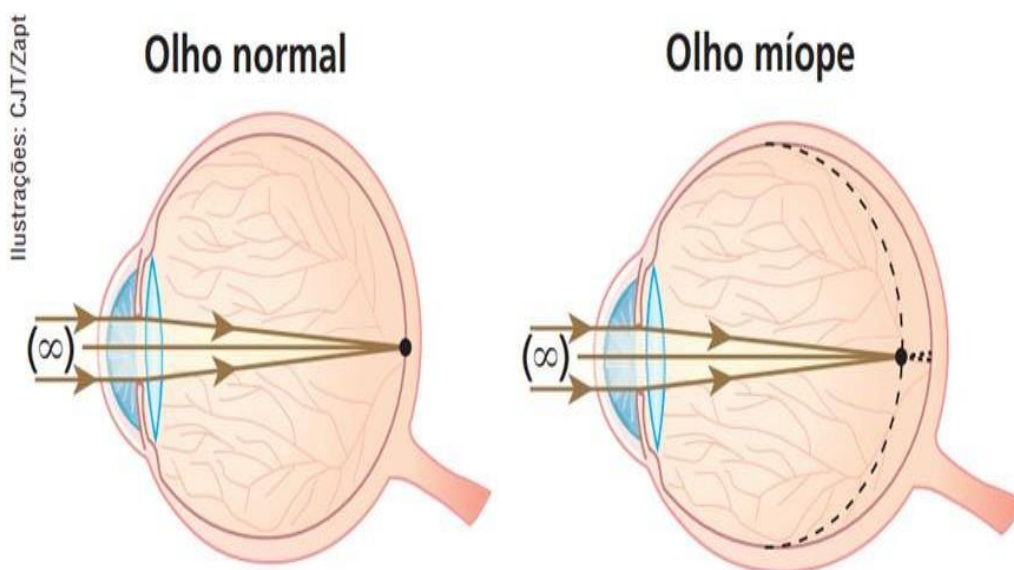
Por outro lado, quando o objeto está distante, os músculos ciliares relaxam, fazendo com que a lente se estreite e diminua sua curvatura, aumentando a distância focal para focar na imagem do objeto no ponto remoto (PR), que é virtualmente no infinito. Essa capacidade de ajustar a distância focal da lente é crucial para a visão nítida em diferentes distâncias, formando imagens claras e precisas sobre a retina. É denominada acomodação visual e permite ao sistema óptico do olho humano adaptar-se continuamente às diversas distâncias dos objetos que estão sendo observados.

2.3.3 Defeitos visuais e suas correções

Os principais defeitos visuais são a miopia, hipermetropia, presbiopia, astigmatismo e estrabismo. Estes defeitos afetam a capacidade do olho humano de focar corretamente, resultando em visão embaçada ou distorcida. A correção adequada é essencial para proporcionar uma visão clara e confortável em diferentes distâncias.

A miopia é caracterizada pelo alongamento do bulbo ocular na direção anteroposterior. Este defeito faz com que a imagem de objetos distantes seja focalizada antes da retina, resultando em visão embaçada para esses objetos. O ponto remoto de um olho míope é real, o que significa que a visão para objetos distantes não é clara. A Figura 11 representa esquematicamente o olho humano míope.

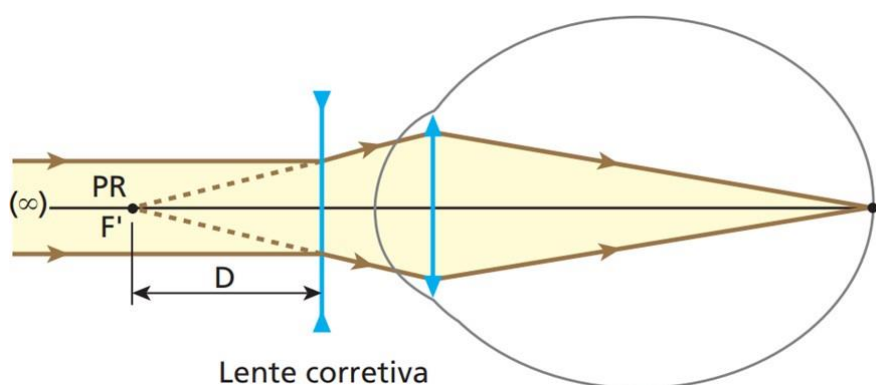
Figura 11: Representação esquemática do olho humano com miopia



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

No entanto, objetos próximos são vistos com mais clareza, pois o ponto próximo do olho míope está mais próximo do olho do que no olho normal. A correção da miopia é feita com lentes divergentes, que diminuem a vergência do sistema ocular, criando uma imagem virtual corrigida, posicionada no ponto remoto do olho míope. Ver a Figura 12.

Figura 12: Esquema de correção da miopia

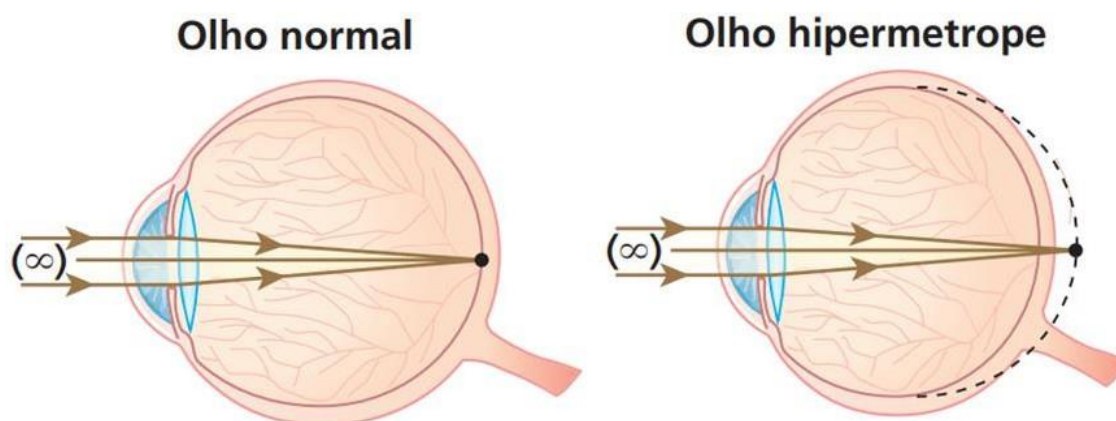


Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

A hipermetropia é causada por um encurtamento do bulbo ocular na direção anteroposterior. Este defeito faz com que a imagem de objetos próximos seja focalizada atrás da retina, resultando em dificuldade de visão para esses objetos.

O olho hipermetrope pode acomodar a visão para objetos próximos com esforço, utilizando os músculos ciliares para ajustar a visão. A Figura 2.13 representa o olho humano hipermetrope.

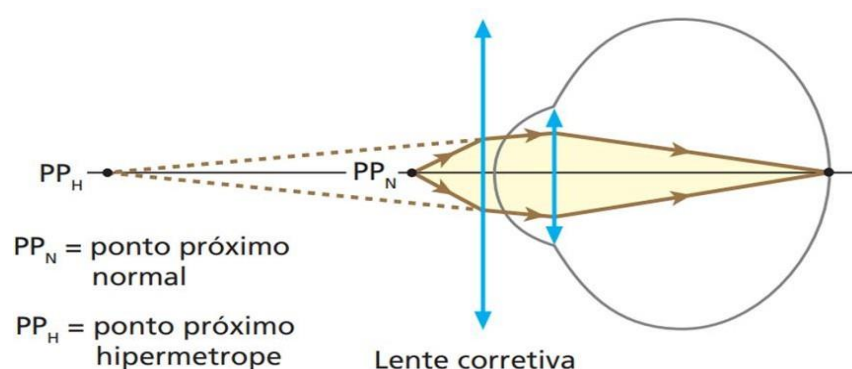
Figura 13: Representação esquemática do olho humano com hipermetropia



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

A correção é feita com lentes convergentes, que aumentam a vergência do sistema ocular, criando uma imagem virtual corrigida, posicionada no ponto próximo hipermetrope, permitindo que o olho visualize objetos próximos de forma clara. Ver a Figura 14.

Figura 14: Esquema de correção da hipermetropia



Fonte: Villas Bôas; Doca; Biscuola (2018).

A presbiopia, também conhecida como vista cansada, é um defeito visual que ocorre devido ao enrijecimento dos músculos ciliares ou da própria lente natural do olho, geralmente com o envelhecimento. Este defeito limita a capacidade de acomodação visual, dificultando

a visão de objetos próximos e distantes. A correção da presbiopia é feita com lentes bifocais ou multifocais, que possuem regiões destinadas à visão de objetos longínquos e próximos. Para a visão de perto, essas lentes colocam as imagens de objetos situados no ponto próximo normal no ponto próximo do olho defeituoso.

O astigmatismo é causado por imperfeições na simetria de revolução do sistema óptico ocular em torno de seu eixo óptico, frequentemente devido a irregularidades na curvatura da córnea ou da lente natural do olho. Este defeito resulta em visão distorcida ou desfocada. A correção é feita com lentes cilíndricas, que compensam a assimetria do sistema óptico, focalizando corretamente os raios de luz na retina.

O estrabismo é a incapacidade de alinhar adequadamente os olhos, resultando em desvio ocular. Isso pode manifestar-se como esotropia (desvio para dentro), exotropia (desvio para fora), hipertropia (desvio para cima) ou hipotropia (desvio para baixo). A correção pode ser feita com lentes prismáticas, que ajudam a alinhar os olhos desviando a luz corretamente, exercícios da musculatura ocular para fortalecer os músculos dos olhos, ou intervenção cirúrgica para realinhar os músculos oculares.

Cada um desses defeitos visuais requer uma correção específica, geralmente através do uso de lentes oftálmicas que ajustam a convergência dos raios de luz para que a imagem seja focalizada corretamente na retina. Compreender a natureza de cada defeito e aplicar a correção adequada é crucial para proporcionar uma visão clara e nítida, melhorando significativamente a qualidade de vida dos indivíduos afetados.

3 REGRAS DO JOGO

Nesta seção, serão detalhadas as regras do Jogo de Tabuleiro FisMax, destacando a mecânica básica e os elementos que tornam a experiência educativa dinâmica e inclusiva.

O tabuleiro do FisMax, em formato de S, é composto por 22 casas. Ao longo do percurso, o jogador encontrará casas especiais com efeitos distintos:

- Na casa 3, indica um Salto para a Vitória (direto para a casa 11).
- Na casa 8, indica Dois Passos à Frente!
- Na casa 14, indica Dois Passos para Trás!

Sobre essas cartas especiais ou coringas não necessidade do estudante responder a questão escolhida por ele passando automaticamente a vez para o próximo colega.

Figura 15: Jogo de Tabuleiro FisMax: Uma Jornada Inclusiva pela Óptica Geométrica



Fonte: Autoria própria.

A Figura 15 apresenta o Tabuleiro do jogo FisMax, um Projeto educativo e inclusivo focado na Óptica Geométrica. Com um design visualmente agradável, o tabuleiro usa cores suaves e contrastantes para guiar os jogadores ao longo de um percurso em formato de S, composto por vinte casas numeradas. Marcadores especiais no início e no final do tabuleiro destacam pontos cruciais no jogo, enquanto o design foi cuidadosamente criado para proporcionar conforto sensorial, especialmente para jogadores com TEA. Além de ensinar

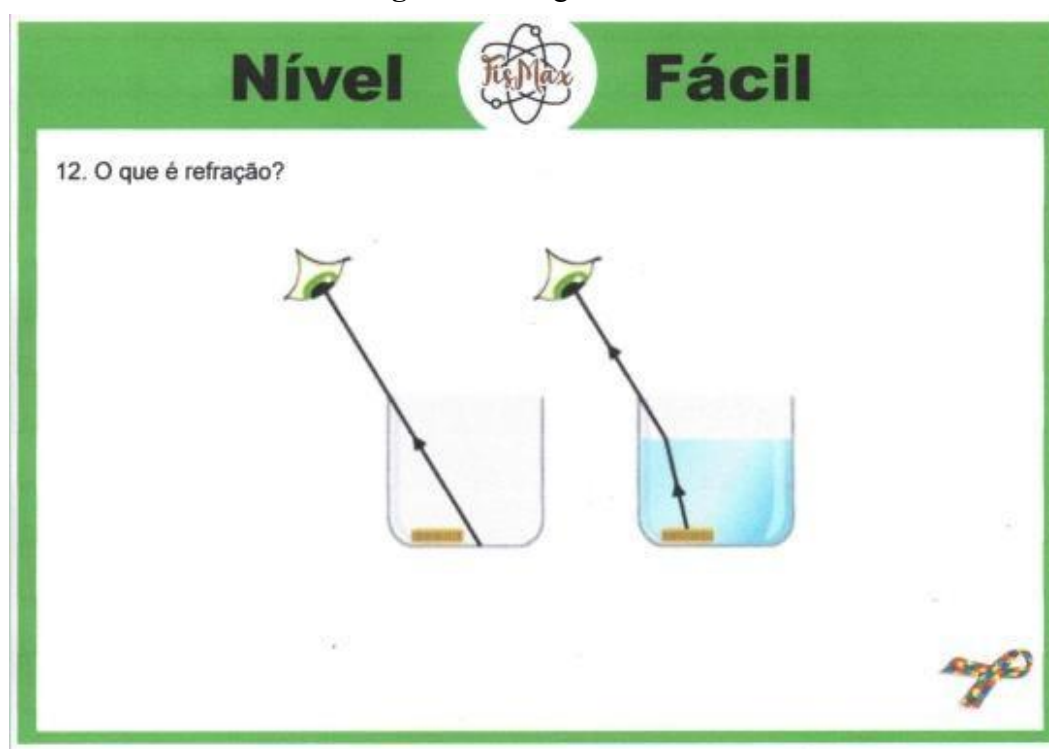
conceitos de Óptica, o jogo também promove o desenvolvimento socioemocional, com adaptações específicas para apoiar alunos com necessidades especiais.

3.1 Os Níveis de Dificuldades e Cartas Niveladas

Esta seção do guia explora os diferentes níveis de dificuldades das cartas utilizadas no jogo FisMax, destacando como cada um pode ser adaptado para promover a compreensão dos alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) nos conceitos de Óptica Geométrica.

As cartas de nível fácil são projetadas para introduzir conceitos básicos de Óptica Geométrica de maneira acessível e visualmente clara. Cada carta apresenta diagramas ou ilustrações simplificadas que representam fenômenos como reflexão e refração da luz. Para maximizar a compreensão dos alunos com TEA, o professor mediador auxilia nas resoluções das questões instigando a reflexão e o pensamento analítico e crítico dos alunos.

Figura 16: Pergunta Fácil

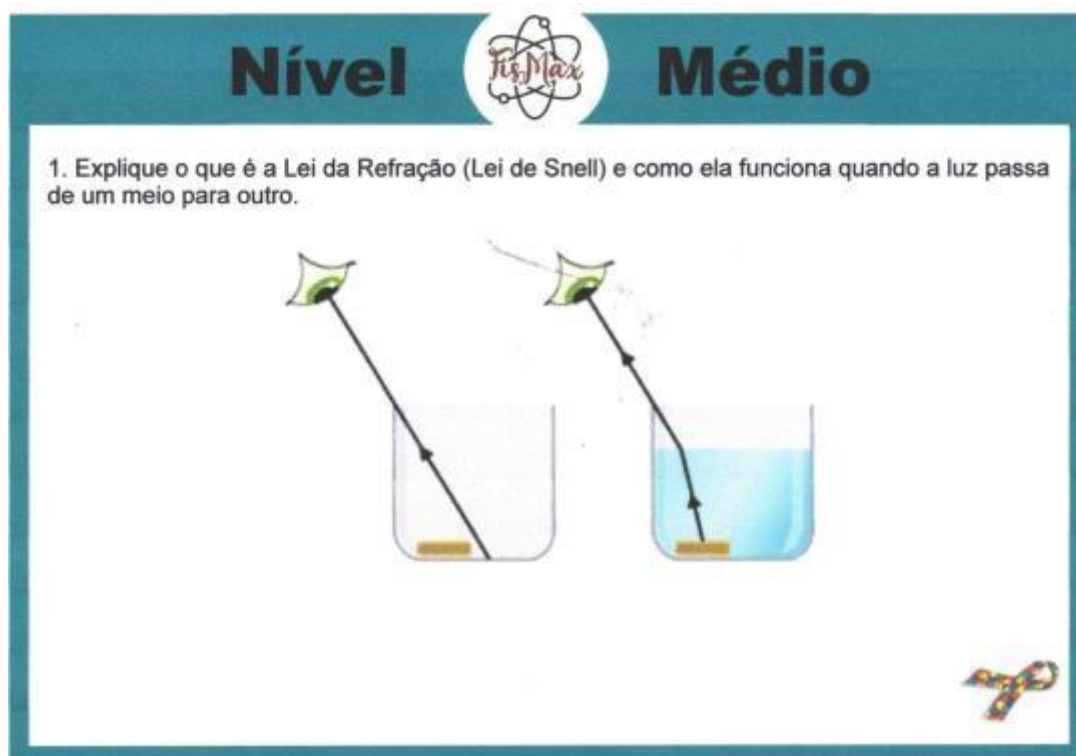


Fonte: Autoria própria.

A representação da Figura 16 no jogo “FisMax” exemplifica uma abordagem interativa e educativa para a introdução e exploração do conceito de refração.

As cartas de nível médio aprofundam os conceitos introduzidos no nível fácil, utilizando diagramas e ilustrações mais elaborados e contextualizados. Cada carta apresenta um problema que requer interpretação dos alunos para sua resolução.

Figura 17: Pergunta Mediana



Fonte: Autoria própria.

A Figura 17 representa de forma didática os princípios da Lei de Snell, mostrando como a luz se comporta ao passar de um meio para outro. A pergunta relaciona-se diretamente com a Lei de Snell, que explica como os ângulos de incidência e refração estão relacionados aos índices de refração dos meios.

As cartas de nível difícil apresentam problemas mais complexos que exigem um conhecimento mais profundo e aplicação prática dos conceitos de Óptica Geométrica. Por exemplo, uma carta pode desafiar os alunos a determinar a posição de uma imagem formada por uma lente convexa, envolvendo cálculos mais avançados e aplicação das fórmulas ópticas relevantes. Este nível promove o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico, aspectos essenciais para o aprendizado eficaz da Óptica Geométrica.

Figura 18:Pergunta Difícil

Fonte: Autoria própria.

A Figura 18 representa a passagem da luz do ar para a água, demonstrando os conceitos da Lei de Snell. Os raios incidentes são mostrados com um ângulo de incidência θ_1 ao entrar na interface ar-água, e os raios refratados são representados com um ângulo de refração θ_2 . A diferença nos índices de refração (aproximadamente 1 para o ar e 1,33 para a água) resulta em uma mudança de direção do raio de luz ao atravessar a fronteira entre esses meios. Isso é visualizado pela diminuição do ângulo de refração em relação ao ângulo de incidência, ilustrando como a luz se comporta ao passar de um meio para outro com diferentes propriedades ópticas.

O Tabuleiro, apresentado no Apêndice A, serviu como base para as cartas de perguntas (Apêndice B) e as respostas das questões propostas por níveis (Apêndice C), permitindo uma análise detalhada das estratégias e decisões tomadas durante o jogo.

3.2 Utilização para Compreensão dos Alunos com TEA

Para maximizar a compreensão dos alunos com TEA em todos os níveis de dificuldades, é recomendado ao professor adaptar as estratégias de ensino-aprendizagem. Isso pode incluir o uso de apoios visuais claros e consistentes, repetição de conceitos-chave

através de diferentes modalidades sensoriais, e oferecer suporte individualizado conforme necessário. O jogo FisMax, com suas cartas niveladas e adaptações específicas, visa criar um ambiente de aprendizagem inclusivo onde todos os alunos possam participar ativamente e desenvolver suas habilidades na Óptica Geométrica de maneira eficiente.

O FisMax é uma forma divertida de aprender e competir com seus amigos.

Objetivo: Ser o primeiro jogador a completar a jornada pelo tabuleiro e alcançar a casa 20, demonstrando seus conhecimentos e habilidades.

Como Jogar:

1. **Tabuleiro:** Representa a jornada de aprendizado, com 20 casas cheias de desafios e oportunidades.
2. **As Cartas:** Cada casa contém uma pergunta que você deverá responder. As cartas são coloridas para indicar o nível de dificuldade:
 - **Vermelho:** Desafios para os mais experientes.
 - **Azul:** Desafios para testar seus conhecimentos.
 - **Verde:** Desafios para iniciar a jornada.
3. **Dado:** Role o dado e avance o número de casas indicadas, se acertare a pergunta da carta.
4. **Carta Coringa:** Prepare-se para reviravoltas inesperadas
 - **Casa 3: Salto para a Vitória!** Se o pião cair na casa 3, dê um grande salto e vá direto para a casa 11, aproximando-se do final da jornada.
 - **Casa 8: Dois Passos à Frente!** Se o pião cair na casa 8, avance duas casas sem a necessidade de responder a pergunta e deixe seus adversários para trás.
 - **Casa 14: Dois Passos para Trás!** Se o pião cair na casa 14, volte duas casas sem a necessidade de responder à pergunta e deixe seus adversários paracontentes.

As regras detalhadas acima não apenas definem o funcionamento básico do jogo FisMax, mas também destacam como ele pode ser adaptado para promover o aprendizado eficaz e inclusivo de Óptica Geométrica, especialmente para alunos com TEA. Essa abordagem não apenas reforça os conceitos científicos, mas também estimula o desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos participantes. Para apoiar alunos com TEA e promover uma experiência educativa inclusiva, o jogo incorpora estratégias como

comunicação visual clara, onde todas as informações no tabuleiro e nas cartas são apresentadas de forma visualmente clara e acessível. A repetição e o reforço são usados repetidamente através das perguntas para ajudar na consolidação do aprendizado. O suporte individualizado é oferecido, permitindo que os professores adaptem a dificuldade das perguntas conforme a necessidade dos alunos, proporcionando suporte personalizado durante o jogo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este guia apresentou o Jogo de Tabuleiro FisMax como uma ferramenta mediadora para o ensino de Óptica Geométrica, especialmente projetada para engajar e beneficiar alunos, incluindo aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Ao longo deste manual, discutimos as várias facetas que tornam o FisMax uma escolha valiosa para o ambiente educacional.

FisMax foi desenvolvido com atenção especial às necessidades dos alunos com TEA, oferecendo um ambiente de aprendizagem inclusivo através de adaptações visuais claras, repetição estratégica de conceitos e suporte individualizado. O jogo utiliza um formato de tabuleiro interativo que não apenas ensina os princípios da Óptica Geométrica, mas também permite aos alunos aplicarem esses conceitos de maneira prática e divertida. A integração de perguntas de diferentes níveis de dificuldade incentiva a revisão contínua e o aprofundamento do conhecimento.

Os professores têm a liberdade de adaptar o jogo às necessidades específicas de suas turmas, ajustando as dificuldades das perguntas conforme o progresso dos alunos e oferecendo suporte conforme necessário. Isso promove uma aprendizagem personalizada e eficaz. Além do aspecto cognitivo, FisMax também enfatiza o desenvolvimento socioemocional dos alunos, incentivando a colaboração, a comunicação e o pensamento crítico durante o jogo.

Esperamos que o uso do FisMax melhore a compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica, e também inspire os alunos a se envolverem ativamente com a Física e a ciência de maneira geral, preparando-os melhor para desafios acadêmicos futuros. Ao adotar o FisMax em suas práticas educacionais, os professores não apenas enriquecem suas aulas com uma abordagem inovadora, mas também contribuem para um ambiente de aprendizagem inclusivo e estimulante. Esperamos ainda, que este guia tenha fornecido as ferramentas necessárias para implementar e explorar todo o potencial educativo do FisMax em suas salas de aula.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. C. A. **Alfabetização de alunos com transtorno do espectro autista(TEA): concepções e práticas dos professores**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2019.
- ARAGÃO, A. C. L. Além da sala de aula: parcerias entre professor, família e escola. Educação Inclusiva. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, [S.l.], v. 7, p. 218-232, 2023.
- BARRETO, M. A. de O. C.; BARRETO, F. de O. C. **Educação Inclusiva: Contexto social e histórico, análise das deficiências e uso das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem**. 1.ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- BECKER, C.; ANSELMO, A. G. Modelo Social na Perspectiva da Educação Inclusiva. **Revista Conhecimento Online**, [S. l.], v. 1, p. 90–108, 2020.
- CAPELLINI, V. L. M. F.; SHIBUKAWA, P. H. S.; DE OLIVEIRA RINALDO, S. C. **Práticas Pedagógicas Colaborativas na Alfabetização do Aluno com Transtorno do Espectro Autista**. Colloquium Humanarum. ISSN: 1809-8207, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 87–94, 2016.
- COSTA, D. A. F. **Superando limites: a contribuição de Vygotsky para a educação especial**. *Psicopedagogia*, São Paulo, v. 23, p. 232-239, 2006.
- DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Tópicos de física**, 2: Termologia, Ondulatória e Óptica. São Paulo: Saraiva, 2020.
- FINO, C. N. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, p. 273-291, 2001.
- FRANCO, D. dos S. **A influência da linguagem na aprendizagem de conceitos físicos: a contribuição do jogo de tabuleiro “Physicool”**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2018.
- GALDINO, D. dos R. **Histórias em quadrinhos e potencialidades na mediação de Óptica Geométrica no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física — MNPEF) — Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, 2022.
- GLÉRIA, A. C. F. C. **Interação social e o processo de construção de conhecimento: uma análise com base em três perspectivas: Freire, Vygotsky e Perret-Clermont**. *Humanidades & Inovação*, v. 9, n. 5, p. 246-255, 2022.
- GOMES, F. B. **Inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no Ensino de Ciências nas Escolas Públicas Municipais de Dom Pedrito/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Natureza — Licenciatura) — Universidade Federal do Pampa. Dom Pedrito, 2019.

GUERREIRO, M. A. da S. **Os efeitos do Game Design no processo de criação de jogos digitais utilizados no ensino de Química e Ciências: o que devemos considerar?**.

Dissertação (Mestrado em Educação - Área de Concentração: Ensino de Ciências) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências, Bauru, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. V. 4. 12. ed. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2023.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez editora, 2017.

MILANI, I.; STOLTZ, T.; HIGA, I. Vygotsky e o ensino de física: um olhar a partir do encontro de pesquisa em ensino de física. **Arquivos do Mudi**, [S. l.] v. 24, n. 3, p. 204-215, 2020.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 4: Óptica, relatividade, física quântica**. 2ª ed. Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo – SP, 2014.

RAMALHO JR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os Fundamentos da Física: V. 2. Termologia, Óptica e Ondas**. 11. ed. São Paulo: Moderna Plus, 2015.

SERWAY, R. A.; JEWETT Jr, J. W. **Física para Cientistas e Engenheiros: Luz, Óptica e Física Moderna**, V.4. 9ª ed., Ed. Cengage Learning, 2019.

SENA, Jardel Pinho. Proposta de experimentos interdisciplinares sobre circuitos elétricos com corrente contínua envolvendo física e química: contribuições da teoria histórico-cultural. Orientador: Prof. Dr. Valdemiro da Paz Brito. 2022. 90 f. il. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.

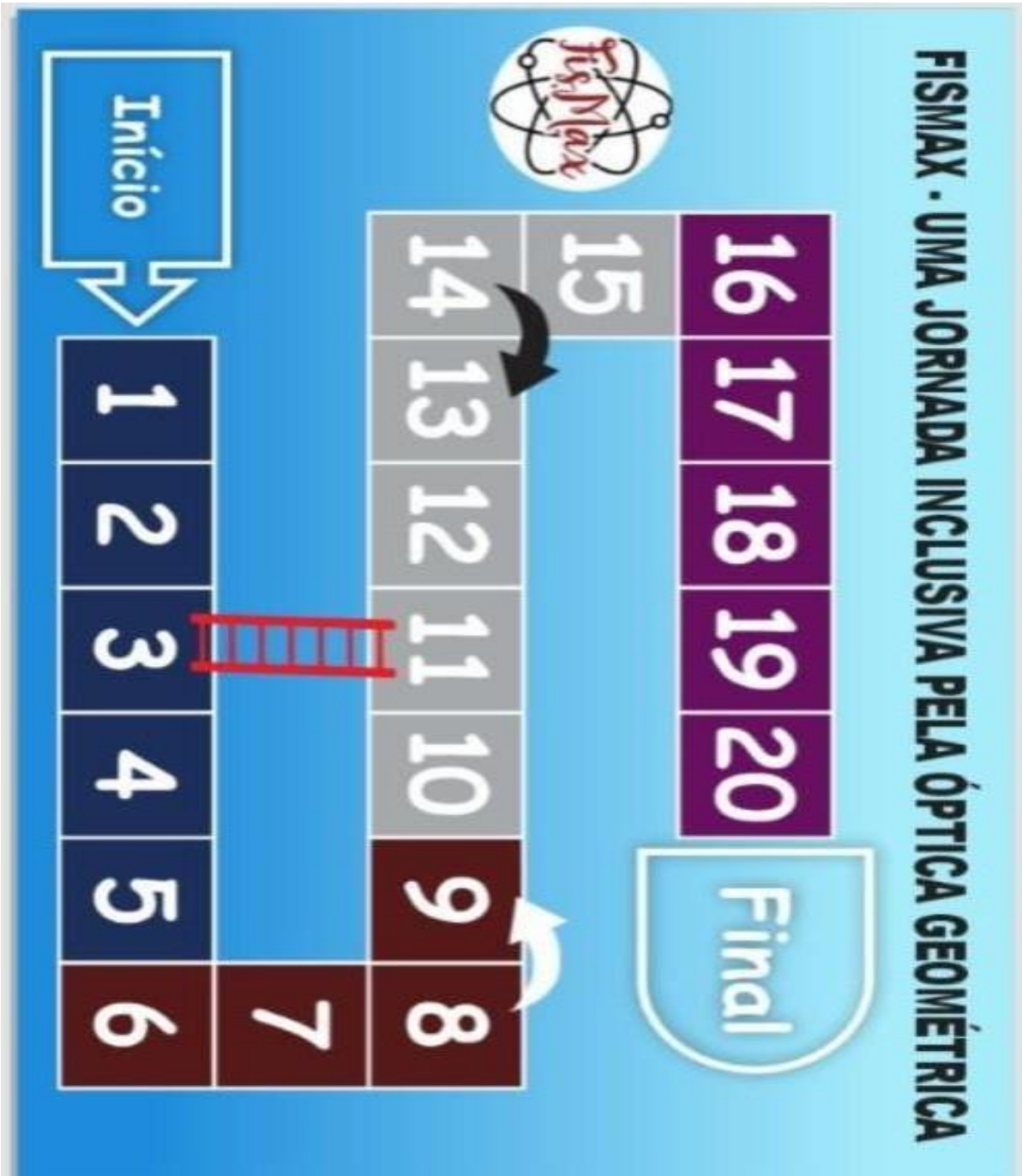
VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZANELLA, A.V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Revista Temas em Psicologia**, São Paulo, v. 2, n.2, p. 97-110, 1994.

APÊNDICE A – Tabuleiro



APÊNDICE B – Cartas Perguntas

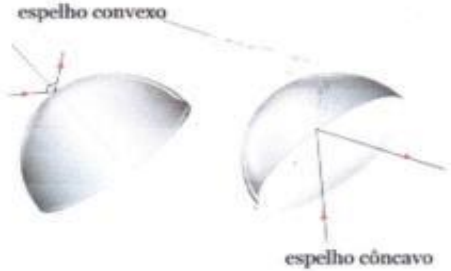
São exemplos de cartas perguntas as inseridas adiante:

Nível



Fácil

1. Qual é a diferença entre um espelho côncavo e um espelho convexo?



espelho convexo

espelho côncavo

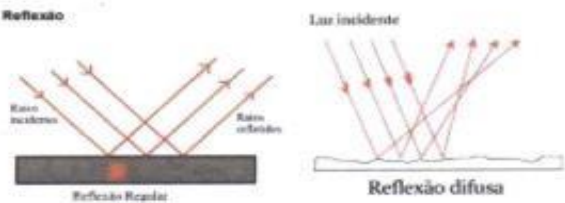


Nível



Fácil

2. Quantos tipos de reflexões existem e quais são?



Reflexão

Raios incidentes

Raios refletidos

Reflexão Regular

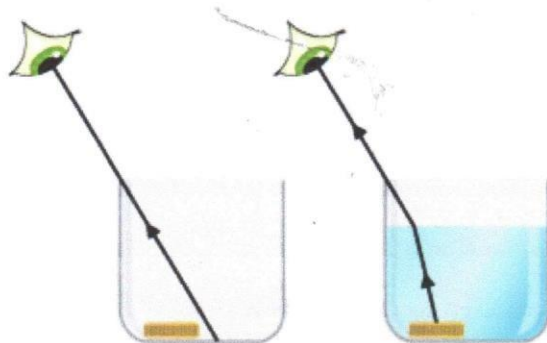
Luz incidente

Reflexão difusa



Nível**Médio**

1. Explique o que é a Lei da Refração (Lei de Snell) e como ela funciona quando a luz passa de um meio para outro.

**Nível****Médio**

2. Como a reflexão da luz ocorre em uma superfície esférica, como a de um espelho côncavo ou convexo?

espelho convexo

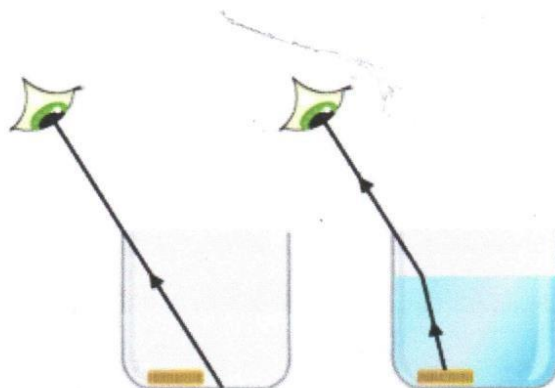


espelho côncavo



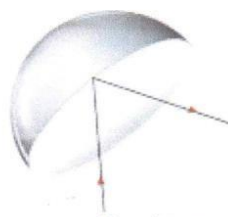
Nível**Difícil**

1. Considere a fórmula da Lei de Snell, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, e explique como os índices de refração do ar e da água estão relacionados aos ângulos de incidência e refração.

**Nível****Difícil**

2. Explique a formação de imagem em espelhos esféricos utilizando a equação dos espelhos. Como as imagens formadas variam para espelhos côncavos e convexos?

espelho convexo



espelho côncavo



APÊNDICE C – Cartas Respostas

São exemplos de cartas respostas as inseridas adiante:

Nível

Fácil

1. Questão

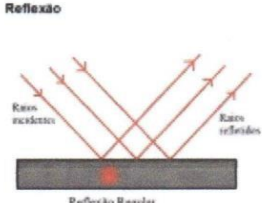
Resposta: Um espelho côncavo tem uma superfície interna refletora, enquanto um espelho convexo tem uma superfície externa refletora. Espelhos côncavos podem convergir a luz e formar imagens reais ou virtuais, enquanto espelhos convexos sempre divergem a luz e formam imagens virtuais.




2. Questão

Respostas: Existem dois tipos de reflexões: a reflexão regular e a difusa.

Reflexão



Reflexão Regular

Luz incidente



Reflexão difusa

Nível

Fácil

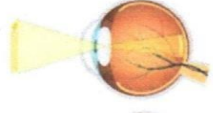
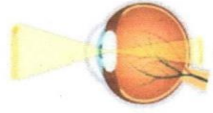
3. Questão

Resposta: A miopia é um defeito de visão no qual o globo ocular é mais longo do que o normal, fazendo com que os objetos distantes pareçam embaçados. Isso ocorre porque a imagem focaliza antes da retina, ao invés de sobre ela.




4. Questão

Resposta: A hipermetropia é um erro de refração onde a imagem dos objetos próximos é focada atrás da retina, causando dificuldade em ver de perto sem correção óptica.

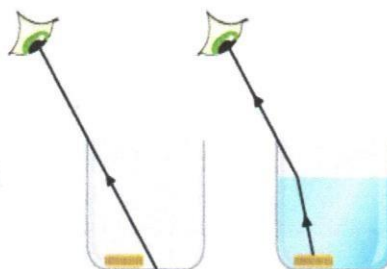
Nível



Médio

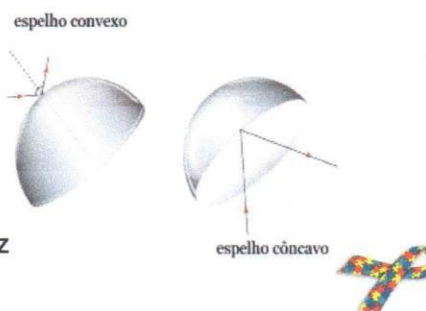
1. Questão

Resposta: A Lei de Snell, também conhecida como Lei da Refração, é um princípio da óptica que descreve como a luz se comporta ao passar de um meio para outro. A lei relaciona os ângulos de incidência e refração com os índices de refração dos dois meios.



2. Questão

Resposta: Em uma superfície esférica, a luz reflete seguindo a Lei da Reflexão, onde o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Em um espelho côncavo, os raios de luz paralelos ao eixo principal convergem em um ponto chamado foco. Em um espelho convexo, os raios de luz paralelos se espalham, mas parecem vir de um ponto focal virtual atrás do espelho. A curvatura da superfície esférica faz com que os raios de luz se juntem ou se espalhem.



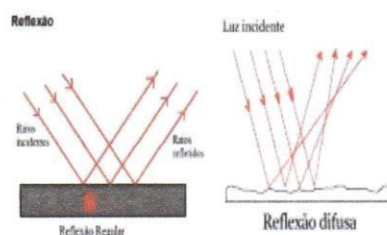
Nível



Médio

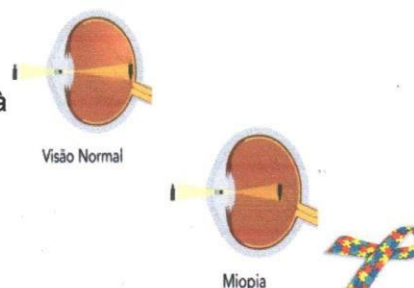
3. Questão

Resposta: A Reflexão regular ocorre em superfícies lisas e polidas, como espelhos, refletindo a luz em um único ângulo e formando uma imagem clara. Já a Reflexão difusa ocorre em superfícies irregulares ou rugosas, como paredes pintadas, espalhando a luz em várias direções e não formando uma imagem clara.



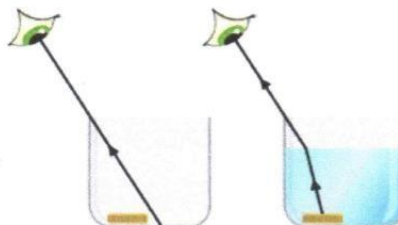
4. Questão

Resposta: A miopia resulta em uma focalização da luz à frente da retina, causando uma imagem desfocada de objetos distantes. Lentes divergentes são usadas para corrigir esse problema, movendo o ponto focal de volta para a retina.



Nível**Difícil****1. Questão**

Resposta: Quando a luz passa do ar, com um índice de refração aproximadamente 1, para a água, com um índice de refração de cerca de 1,33, o ângulo de refração na água é calculado usando a Lei de Snell. Esse ângulo é menor devido à maior densidade óptica da água em comparação com o ar.

**2. Questão**

Resposta: Nos espelhos esféricos:

è Espelhos côncavos: A imagem pode ser real ou virtual, invertida ou direita, e de tamanho variado, conforme a posição do objeto.

è Espelhos convexos: A imagem é sempre virtual, direita e menor que o objeto.

espelho convexo



espelho côncavo

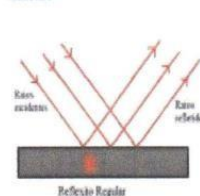
**Nível****Difícil****3. Questão**

Resposta:

è Reflexão regular: Usada em espelhos de telescópios para formar imagens nítidas e precisas de objetos distantes.

è Reflexão difusa: Utilizada na iluminação de interiores para dispersar a luz uniformemente, evitando sombras duras e criando um ambiente suavemente iluminado.

Reflexão



Luz incidente



Visão Normal



Miopia

