

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE NACIONAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JOSÉ RIBAMAR DE SOUSA

O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE
JOVENS E ADULTOS: uma sequência didática de ensino fundamentada na
abordagem de Paulo Freire

São Luís – MA

2024

JOSÉ RIBAMAR DE SOUSA

O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE
JOVENS E ADULTOS: uma sequência didática de ensino fundamentada na
abordagem de Paulo Freire

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Física em
Rede Nacional da UFMA, como requisito
para obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Edson Firmino V. de Carvalho

São Luís – MA
2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

de Sousa, José Ribamar.

O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS : uma sequência didática de
ensino fundamentada na abordagem de Paulo Freire / José
Ribamar de Sousa. – 2024.

91 p.

Orientador(a): Edson Firmino Viana de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em
Rede – Ensino de Física em Rede Nacional/ccet,
Universidade Federal do Maranhão, Videoconferência, 2024.

1. Educação de jovens e adultos. 2. Experimentação
problematizadora. 3. Óptica geométrica. 4. Sequência
didática. I. Viana de Carvalho, Edson Firmino. II.
Título.

JOSÉ RIBAMAR DE SOUSA

O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: uma sequência didática de ensino fundamentada na abordagem de Paulo Freire

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional da UFMA, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Edson Firmino Viana de Carvalho (Orientador)
Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão
Presidente

Karl Marx Silva Garcez
Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão
Membro Interno

Claúdio Rejane da Silva Dantas
Doutor em Ensino de Física – Universidade Regional do Cariri
Membro Externo

RESUMO

A presente dissertação busca explorar uma abordagem pedagógica inovadora no ensino de Física voltada para a Educação de Jovens e Adultos (EJA). Baseando-se nos princípios de uma educação emancipadora delineada por Paulo Freire, que enfatiza a dialogicidade e a transformação da curiosidade ingênua em curiosidade epistemológica, além de se fundamentar nos três momentos pedagógicos propostos por Demétrio Delizoicov, a pesquisa propõe e implementa uma sequência didática focalizada no ensino de conceitos de ótica geométrica. O objetivo principal é engajar os estudantes e promover a aprendizagem. A proposta pedagógica parte da compreensão de Freire de que a educação não se resume à mera transmissão de conteúdos, mas sim capacita os alunos a interpretar criticamente o mundo ao seu redor e a transformar sua realidade. A sequência didática é meticulosamente planejada, passando por diversas etapas que vão desde a problematização inicial até a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos pelos alunos. Destaca-se o papel central da experimentação, permitindo que os estudantes participem ativamente na construção do conhecimento. O estudo também incorpora a análise de questionários prévios, a realização de experimentos e uma minifeira de ciências, oferecendo uma visão abrangente da eficácia da abordagem proposta. Os resultados revelam que a metodologia foi bem recebida pelos estudantes da EJA, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos ópticos. Além disso, a abordagem colaborativa e dialógica estimulou o compartilhamento de conhecimentos e a construção coletiva do saber. A conclusão enfatiza a importância dessa metodologia inovadora não apenas para o ensino de Física, mas também para o desenvolvimento de habilidades sociais e culturais. Dessa forma, a pesquisa contribui para uma educação mais inclusiva e transformadora, alinhada com os ideais de Paulo Freire e visando capacitar os alunos não apenas como receptores passivos de informações, mas como agentes ativos de mudança em suas comunidades e na sociedade em geral.

Palavras chaves: Educação de jovens e adultos; Sequência didática; Experimentação problematizadora; Óptica geométrica.

ABSTRACT

This dissertation seeks to explore an innovative pedagogical approach in teaching Physics geared towards Adult and Youth Education (AYE). Drawing upon the principles of emancipatory education outlined by Paulo Freire, which emphasize dialogue and the transformation of naive curiosity into epistemological curiosity, in addition to being grounded in the three pedagogical moments proposed by Demétrio Delizoicov, the research proposes and implements a didactic sequence focused on teaching concepts of geometric optics. The main objective is to engage students and promote learning. The pedagogical proposal stems from Freire's understanding that education is not merely about the transmission of content, but rather empowers students to critically interpret the world around them and transform their reality. The didactic sequence is meticulously planned, encompassing various stages from initial problematization to the practical application of knowledge acquired by students. The central role of experimentation is highlighted, allowing students to actively participate in knowledge construction. The study also incorporates the analysis of pre-surveys, conducting experiments, and organizing a science fair, providing a comprehensive view of the effectiveness of the proposed approach. Results reveal that the methodology was well-received by AYE students, fostering a deeper understanding of optical phenomena. Furthermore, the collaborative and dialogic approach stimulated knowledge sharing and collective knowledge building. The conclusion underscores the importance of this innovative methodology not only for Physics education but also for the development of social and cultural skills. Thus, the research contributes to a more inclusive and transformative education, aligned with Paulo Freire's ideals and aiming to empower students not only as passive recipients of information but as active agents of change in their communities and society at large.

Keywords: Youth and adult education; Didactic sequence; Problematizing experimentation; Geometric optics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Refração da luz na água. (b) Refração da luz no vidro. (c) Propagação de um feixe descrevendo a trajetória de reflexão da luz. (d) Raios de luz refletidos no espelho.	22
Figura 2 - Representação da reflexão de um rraio de luz do ponto A para um ponto B.....	32
Figura 3 – Averiguando os conhecimentos dos alunos em Física no Ensino Médio.	42
Figura 4 – Avaliação diagnóstica (questionário prévio)	43
Figura 5 – Exposição do conteúdo proposto	43
Figura 6 – Nível de compreensão conceitual sobre os conceitos de reflexão e refração da luz	44
Figura 7 – Resultado percentual por questão da aplicação da avaliação diagnóstica	44
Figura 8 – Ilustração do experimentos realizados em sala de aula.....	46
Figura 9 – Exposição do experimento sobre reflexão da luz.....	47
Figura 10 – Debate entre os representantes de cada grupo	48
Figura 11 – Verificação de aprendizagem através do questionário pós-teste	49
Figura 12 – Acertos percentuais do questionário pós-teste	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MARCO TEÓRICO	13
2.1 Metodologia de Paulo Freire no processo de ensino e aprendizagem	13
2.2 Papel do professor na aprendizagem segundo Paulo Freire	15
2.3 A historicidade da educação de jovens e adultos no Brasil	16
2.4 A Física na educação de jovens e adultos.....	17
2.5 A experimentação problematizadora para o ensino de Física	19
3 ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	24
3.1 Um breve histórico sobre a luz.....	24
3.2 A compreensão da luz e da visão na perspectiva do ensino da ótica	29
3.3 Demonstrações das leis da reflexão e refração da luz	31
4 RECURSO EDUCACIONAL	36
4.1 O contexto do estudo	37
4.1.1 Os participantes da pesquisa.....	38
4.2 Metodologia da pesquisa	38
4.3 A sequência didática	39
5.3.1 Questionário prévio.....	43
5.3.2 Apresentação do conteúdo	43
5.3.3 Compilação dos experimentos.....	45
5.3.4 Minifeira de ciências	47
5.3.5 Debate e questionário pós teste	48
REFERÊNCIAS.....	53
Apêndice A: Termo de consentimento	55
Apêndice B – Perfil dos alunos.....	56
Apêndice C: Avaliação Diagnóstica.....	57
Apêndice D: Verificação da aprendizagem	59
Apêndice E – Produto Educacional	61

1 INTRODUÇÃO

Examinar o ensino da Física no âmbito da educação básica (ensino médio), sob a ótica da práxis pedagógica do professor de Física, demanda, inicialmente, uma reflexão acerca dos objetivos almejados pela educação. Desde as sociedades antigas até os dias contemporâneos, a educação, como um processo sistematizado de mediação, é reconhecida como educação escolar, fundamentando-se em ações intencionais. Os conteúdos escolares, resultantes dos conhecimentos historicamente acumulados pela humanidade, constituem-se como um dos elementos dessa ação intencional, embora não o único, encontrando no ato didático-pedagógico um aliado crucial.

Diversos pesquisadores no campo da educação, tais como Lev Vigotski (2009), Marco Antônio Moreira (2000), Paulo Freire (2008), entres outros, têm dedicado seus estudos à investigação da ação educativa, evidenciando que as intenções dessa prática transcendem o simples processo de transmissão de conteúdos. A dimensão social inerente ao ato de ensinar tem sido objeto de destaque em pesquisas desenvolvidas nos últimos séculos, indicando a necessidade de os profissionais da educação (professores e pesquisadores) compreenderem esse processo para evitar conduzi-lo de maneira inconsciente.

A inclusão de questões relacionadas às dimensões sociais, assim como as diversas formas de agir e pensar em relação às necessidades emergenciais da sociedade moderna, torna-se imperativa no planejamento das atividades docentes e em pesquisas educacionais. Falar de educação equivale a falar de sociedade, e essa interligação é enfatizada pela própria Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988), que no art. 205 enuncia que a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Tal ênfase evidencia o tripé que sustenta o processo de formação dos indivíduos.

A Física é uma área do conhecimento científico que está intimamente relacionada com o cotidiano das pessoas e que geralmente desperta curiosidade de estudantes. Aprender Física é um direito do ser humano e deve ser compreendida como uma pedagogia libertadora que resgata o ser humano do senso comum, das interpretações ingênuas, do conformismo acrítico (HEWITT, 2010).

No âmbito documental, propostas para a física escolar têm sido debatidas nos cenários federal e estadual, como nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) (BRASIL, Resolução 03/2018). No caso do estado do Maranhão cabe destacar o programa de melhoria da qualidade de ensino através da proposta da SEDUC-MA com a definição das Diretrizes Curriculares implementadas, no ano de 2014, na sua 3ª edição.

Nas DCNEM acima citada, a Física está incluída no currículo da Base Nacional Comum, no Art. 10, item II: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, objetivando a constituição de habilidades e competências que permitam ao educando:

Apropriar-se dos conhecimentos da física, química e da biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural (BRASIL, 1998, p. 105).

Nesse sentido, espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, 2000, p. 22).

Apesar da importância de uma abordagem mais abrangente e próxima do cotidiano, estudos apontam a existência de vários problemas relacionados ao Ensino de Física, como por exemplo: a falta de professores de Física e a formação desses professores; o desinteresse por parte dos alunos; a falta de laboratórios e de material para experimentação; a baixa carga horária da disciplina; a metodologia utilizada pelos professores nas aulas de Física, pela qual os temas são apresentados da maneira tradicional, com aulas à base de giz e quadro-negro; entre outros (SILVA e TAVARES, 2005; HEINECK et al., 2007; PEREIRA et al., 2009;).

Para Silva e Tavares (2005), o modelo que está sendo utilizado atualmente no Ensino de Física não conduz os alunos a uma cultura científica que proporcione uma participação mais ativa nos diversos assuntos relacionados aos fenômenos do cotidiano. Para os autores, o ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado.

Dentre os problemas elencados, destacamos a falta de professores para as áreas de Física, Química, Biologia e Matemática. Projeções feitas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) mostram que em torno de 1800 professores de Física são formados por ano no Brasil e que, se essa taxa for mantida, seriam necessários 84 anos para atender à demanda atual de professores dessa área. (REIS et al., 2013).

Para despertar o real interesse de todos os alunos, especialmente nas aulas de Física, é crucial que a condução das aulas seja agradável e que os estudantes possuam uma verdadeira compreensão do que será ensinado. Uma abordagem eficaz para alcançar esse objetivo é a utilização da Sequência Didática. Essa abordagem caracteriza-se por ser um conjunto planejado de atividades, estratégias e intervenções, organizadas passo a passo pelo educador, visando que os alunos alcancem uma compreensão plena do conteúdo ou tema proposto (KOBASHIGAWA et al., 2008).

No caso específico desta Sequência Didática, seus fundamentos estão baseados nos estudos da Teoria de Educação Emancipadora de Paulo Freire, segundo o qual não se pode visar apenas tornar mais rápido e acessível o aprendizado, mas habilitar o aluno a "ler o mundo", na expressão famosa do educador. "Trata-se de aprender a ler a realidade (conhecê-la) para em seguida poder reescrever essa realidade (transformá-la)".

“Para ser válida, toda educação, toda ação educativa deve necessariamente estar precedida de uma reflexão sobre o homem e de uma análise do meio de vida concreto do homem concreto a quem queremos educar (ou melhor dito: a quem queremos ajudar a educar-se)”. (FREIRE, 1980, pp. 33-34).

Este estudo foi conduzido em duas turmas do 2º ano, compreendendo um total de 38 alunos matriculados na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) em uma escola pública da rede estadual de ensino em Guadalupe – PI, onde desempenho minha função como professor. A seleção desse público-alvo, composto por estudantes do ensino médio na EJA, para a implementação do produto educacional proposto, justifica-se pela minha experiência de vários anos trabalhando nessa modalidade de ensino e pela percepção das dificuldades de aprendizagem dos alunos, bem como pelo desinteresse manifestado em relação às aulas de Física ministradas de forma tradicional ao longo dos anos letivos.

No cenário da EJA, o Ensino de Ciências possibilita aos sujeitos viverem na prática o conhecimento científico o que torna bastante desafiador para professor englobar metodologias específicas e contextualizadas. Reconhecer essa vivência é ir ao encontro dos movimentos sociais e à luta para o favorecimento dos indivíduos que eram historicamente excluídos e garantindo o acesso ao meio escolar (CAVALCANTE; CARDOSO, 2016). Os jovens e adultos precisam ser desafiados o tempo todo a explorar e desenvolver suas próprias ideias e experiências, sendo preciso aproximá-los do mundo das ciências com elementos que envolvam sua construção e desenvolvimento, como a ciências é elaborada por homens e mulheres, então, ela está vinculada à diferentes visões que envolvem as mais variadas escolhas, passíveis de erros e falhas como qualquer outra disciplina.

O educador Paulo Freire também traz importantes contribuições para a formação de educadores de jovens e adultos. Destacamos a proposta de superação da contradição existente entre educadores e educandos, valorizando assim os saberes construídos por todos os sujeitos ao longo de suas vivências. O autor propõe que ambos se tornem sujeitos da construção do conhecimento, desta forma, uso de argumentos de autoridade não são mais válidos nesta interação, que deve ocorrer através do diálogo.

A sequência didática proposta para este nível de ensino abordará os fundamentos da Ótica Geométrica, a qual é responsável pelo estudo de vários conceitos físicos, entre eles a formação de sombra, penumbra e eclipse; a reflexão e a refração da luz, bem como a formação da imagem em espelhos, nas lentes e nos instrumentos ópticos. A escolha do conteúdo abordado na sequência didática, leis da reflexão e refração da luz, se justifica pelo fato de que muitos dos fenômenos relacionados ao tema fazem parte do cotidiano dos estudantes da EJA, em que muitos deles convivem com problemas de saúde da visão, tais como vista cansada, baixa visão, miopia, hipermetropia, astigmatismo, entre outros.

Assim, este trabalho está estruturado a partir do capítulo dedicado à introdução seguido da fundamentação teórica, a qual está embasada na teoria de educação emancipadora de Paulo Freire, fundamentada nos três momentos pedagógicos propostos por Demétrio Delizoicov, com contribuições acerca da Educação de Jovens e Adultos. Na sequência deu-se fundamental importância para parte de Física a ser trabalhada nesta sequência didática, a saber, as leis da

reflexão e da refração da luz. No capítulo seguinte foi apresentado o recurso educacional desenvolvido em parceria com os alunos, finalmente tratou-se das perspectivas objetivadas na realização do trabalho proposto.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Metodologia de Paulo Freire no processo de ensino e aprendizagem

Atualmente, o ensino de ciências exige uma reflexão sobre os conteúdos ensinados e, também, sobre as práticas pedagógicas adotadas na sala de aula, uma vez que visa estabelecer a participação ativa do educando, logo, propendendo a promoção do desenvolvimento da Educação Científica. Para isso, faz-se necessário uma ação docente que estimule a criação de situações problema na sala de aula, portanto, buscando alternativas e, além disso, formulando possíveis hipóteses para despertar no aluno, o interesse na investigação e busca do conhecimento.

A proposta de educação emancipadora que Paulo Freire propôs trabalha com base na cultura dos educandos, pois visa a importância do saber a ler e escrever, a qual está diretamente ligada à realidade cultural dos alunos da classe de jovens e adultos. Segundo Freire, se a aprendizagem se desenvolvesse de forma distanciada da realidade de cada um, não faria o menor sentido dominar a leitura e a escrita se não pudessem utilizá-la para fazer a leitura do seu mundo.

A história da EJA no Brasil está muito ligada a Paulo Freire. O projeto de alfabetização que ele implementou em 1963 atendeu 380 trabalhadores em Angico-RN, repercutindo por todo o país, mas sendo sufocado pelo golpe militar de 1964. O legado deixado por ele, principalmente o referido projeto de alfabetização citado acima, foi extremamente rico e positivo quando da implantação da modalidade de ensino da educação de jovens e adultos no Brasil, em 1996. A metodologia criada por ele permitiu a ligação do educando com o mundo em que convive, sem causar a sensação de que não faz parte deste contexto. Neste aspecto foi de fundamental importância fazer com que o educando se conscientizasse do seu espaço, do seu papel na sociedade em que está inserido, não somente alimentar a passividade do alunado em aceitar a sua condição atual, mas também de estimulá-lo a conscientizar-se do poder que eles possuem em modificar as suas realidades, participando da transformação social de forma ativa que, desta forma, não se sentirá à margem da sociedade que deseja modificar, mas inserido nela.

Dentre os fatores debatidos no contexto atual, que remete ao ensino de ciências, estão a fragmentação das disciplinas, o volume de informações nos currículos, a formação específica e continuada do professor, como também, a prática pedagógica abordada dentro da sala de aula. Portanto, o ensino de ciências

envolve princípios teóricos metodológicos, estando estes, sujeitos a transformações. Emerge assim, a necessidade de uma ação docente, que busque contribuir com os conhecimentos, se organiza para o enriquecimento da estrutura cognitiva dos educandos e, dessa forma, é possível a construção dos conhecimentos de maneira efetiva, isto é, faz com que o aluno seja sujeito de seu próprio aprendizado. Dessa forma, um novo olhar direcionado aos estudos nessa área, possibilita a configuração de novas práticas pedagógicas, capazes de transformar o desenvolvimento da aprendizagem em educação científica, no qual, o educando seja protagonista da sua própria história, transformando-se em um sujeito ativo na construção e assimilação do conhecimento.

As grandes transformações ocorridas na sociedade, bem como, as constantes mudanças de informações, refletem diretamente no ensino, tornando assim, a escola não somente como uma transmissora de conhecimentos, e sim em um ambiente inovador, possibilitando ao aluno, uma compreensão de conteúdos que proporcione uma educação de qualidade, através de uma aula que valorize a invenção e a descoberta, desenvolvendo trocas, experiências, afetividade e o pensamento crítico e reflexivo. Enfatiza-se, através do estudo das teorias construtivistas, as quais reconhecem que os indivíduos são agentes ativos que se comprometem com a construção do seu próprio conhecimento, integrando a nova informação no seu esquema mental e representando-a de uma maneira significativa, a importância da descoberta e da invenção como fatores principais na integração e formação no ensino aprendizagem.

De acordo Freire (2002, p. 254), “[...] o fundamental na alfabetização de adultos é que o alfabetizando descubra que o importante mesmo não é ler histórias alienadas e alienantes, mas fazer história e por ela ser feito”. Apesar da importância dada à leitura e escrita, faz-se necessário que os docentes trabalhem com a modalidade de jovens e adultos de forma diferenciada e contextualizada. Preocupando-se com a necessidade do seu público-alvo e como esse ensino será trabalhado, com vistas a possibilitar que o aluno seja autônomo no seu processo de aprendizagem, para que toda a estratégia metodológica aplicada possa ressignificar seus conhecimentos e o seu mundo.

2.2 Papel do professor na aprendizagem segundo Paulo Freire

Paulo Freire acreditava que o papel do professor é estabelecer relações dialógicas de ensino e aprendizagem, em que o professor ao passo que ensina também aprende. Juntos, professor e estudante, aprendem juntos em um encontro democrático e afetivo, em que todos podem se expressar. Paulo Freire considera ainda que o docente não deve se limitar ao ensinamento dos conteúdos, mas, sobretudo, incentivá-los a pensar, pois “pensar é não estarmos demasiado certos de nossas certezas” (FREIRE, 1996, p. 28). O pensar de maneira adequada permite aos discentes se colocarem como sujeitos históricos, de modo a se conhecerem e ao mundo em que se inserem, intervindo sobre o mesmo, isto é, aprendendo a partir dos conhecimentos existentes e daqueles que serão ressignificados mais adiante.

O livro mais importante de Paulo Freire sobre o professor e sua formação é **Pedagogia da Autonomia**, escrito logo após a sua experiência como secretário municipal de educação de São Paulo (1989-91), que foi sua grande experiência como administrador público. Nesse livro Paulo Freire mostra o quanto a formação do professor é importante para qualquer mudança educacional, sobretudo para a melhoria da qualidade do ensino. A qualidade, para ele, era um conceito político, exatamente porque não há uma qualidade substantiva, cujo perfil se ache universalmente feito, uma qualidade da qual se diga: esta é a qualidade, temos que nos aproximar do conceito e nos indagar em torno de que qualidade estamos falando.

“Educação e qualidade são sempre uma questão política, fora de cuja reflexão, de cuja compreensão não nos é possível entender nem uma nem outra”. (Freire, 1993, p.42).

A escola pública é a escola da maioria, das periferias, dos cidadãos que só podem contar com ela. Nenhum país do mundo se desenvolveu sem uma boa escola pública. Nenhuma sociedade se desenvolveu sem incorporar a grande maioria dos seus cidadãos ao bem viver. A escola pública do futuro, na visão cidadã freireana, tem por objetivo oferecer possibilidades concretas de libertação para todos. Ele entendia a escola pública como “escola pública popular” (grande mote de sua gestão), como “escola cidadã”, definida por ele, mais tarde, como “escola de companheirismo que vive a experiência tensa da democracia”, como expressão concreta da “escola pública popular”.

Ele era radicalmente contrário aos “repetidores de ideias”. Sempre retomava suas ideias a partir do contexto em que se encontrava e, assim, nos deu o exemplo de que não era um repetidor de suas próprias ideias. Pois, era coerente com elas, sem repeti-las.

Pedagogia da Autonomia representa não só seu último livro, mas um dos mais importantes escritos por Paulo Freire. Sem dúvida, o mais importante para a formação do professor e para o gestor público. Outra grande obra de Freire foi Pedagogia do Oprimido, que aborda uma pedagogia voltada para a classe oprimida de modo que esta consiga a sua emancipação em torno do pensamento crítico, entendendo a sua real condição social e possa lutar por melhores condições sociais.

2.3 A historicidade da educação de jovens e adultos no Brasil

Historicamente a Educação de Jovens e Adultos no Brasil, ao longo de décadas, veio ganhando destaque nas políticas públicas educacionais. Surgiram uma diversidade de metodologias aplicadas à essa modalidade de educação, das quais nenhuma delas foi tão expressamente significativa como a do teórico Paulo Freire.

Paulo Freire viveu de perto a Educação de Jovens e Adultos de forma intrínseca, pois não foi somente professor dessa modalidade de ensino, como também um dos alunos integrantes desse tipo de educação. Tais experiências permitiram a ele analisar os tipos de métodos utilizados para o público de jovens e adultos, fazendo assim com que Paulo Freire desenvolvesse o seu famoso método, por ele assim enunciado:

[...] Procurávamos uma metodologia que fosse um instrumento do educando, e não somente do educador, e que identificasse – como fazia notar acertadamente um sociólogo brasileiro – o conteúdo da aprendizagem com o processo mesmo de aprender. (FREIRE, 1980, p. 41).

Após alguns anos como docente da EJA pude perceber que as políticas educacionais, em algumas instituições de ensino no Brasil, são aplicadas somente por serem leis, não havendo o real interesse de se alcançar o objetivo que estas deviam se propor, que é erradicar o analfabetismo no país. Tais fatos são claramente percebidos quando nem o professor e nem os alunos dispõem de material didático para utilizar durante as aulas, sendo o professor obrigado a reproduzir seu próprio material. Além disso percebe que a metodologia pedagógica implementada na EJA é a mesma para o Ensino Médio Regular, em que a grade

curricular é basicamente a mesma, sendo que os alunos da EJA são compostos por alunos com distorções de idade-série, níveis de aprendizado diferentes, muitos deles evadidos da escola por muitos anos e, principalmente, o fato de que o conteúdo dado na maioria das vezes não é significativo para a vida de cada um deles.

Para Nogueira (2001, p. 25) “[...] é importante não perder de vista o papel socializador da escola e nossa função de mediador, para que o aluno realize as diferentes leituras do mundo e da sociedade na qual está inserido”. Isto é, a escola deve compreender o seu papel de preparar o aluno para a sociedade em que está inserido, dando um suporte nas principais atividades pedagógicas, principalmente na leitura do mundo que o rodeia.

O professor tem o papel fundamental a ser desempenhado no processo de ensino-aprendizagem, visando que o ensino dedicado aos seus alunos resulte em qualidade e significado para suas vidas. A motivação desenvolvida pelo professor tem que se dar de forma contínua e que resulte em interesse do aluno em ampliar e adquirir conhecimentos, e este venha a tornar-se capaz mediante qualquer dificuldade que outrora venha a aparecer.

O “Método Paulo Freire” não pode ser considerado um método qualquer, pois se mostrou como um instrumento de mediação da educação, na qual se dá de forma mútua, não existindo detentores do saber. Seu método de ensino trabalha em cima da cultura dos educandos, no qual a importância do saber a ler e escrever está diretamente ligada à realidade cultural dos alunos da educação de jovens e adultos.

De acordo Freire (2002, p. 254), “[...] é necessário que os docentes trabalhem com a modalidade de jovens e adultos de forma diferenciada. Preocupando-se com a necessidade do seu público-alvo e como esse ensino será trabalhado”. Na visão de Paulo Freire, o aluno deverá ser autônomo no seu processo de aprendizagem, para que seus conhecimentos possam ter um significado real e de suma importância no mundo em que vive.

2.4 A Física na educação de jovens e adultos

Segundo o parecer 11 do Conselho de Educação Básica – CEB (apud SOARES, 2002), no documento que regulamenta as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), aprovado em 10/05/2000, a EJA é caracterizada por apresentar as funções reparadora, equalizadora e

qualificadora. É reparadora pelo fato de reparar e restaurar o direito à educação que todo cidadão possui, independentemente da idade ou da condição social; garantido esse direito, chega-se à função equalizadora, a qual objetiva uma redistribuição de igualdade de oportunidades, pois este processo deve propiciar ao educando novas inserções no mercado de trabalho. E finalmente, é função qualificadora porque tem o objetivo de capacitar o aluno, por seu retorno à escola, aumentando suas oportunidades de inserção no mercado de trabalho e auxiliando positivamente na sua autoestima.

O ensino de Física na EJA requer estratégias diferenciadas das que são adotadas no ensino regular, pois além das características que são peculiares aos estudantes dessa modalidade, tais como a idade dos alunos, o tempo que estiveram longe da escola, a falta de hábito de estudo, o cansaço por trabalhar o dia todo, a incompreensão de conteúdos, alguns problemas de saúde (como baixa visão, baixa audição, dificuldades motoras), soma-se a tudo isto a necessidade de revisar conhecimentos básicos do ensino fundamental. Soma-se a tudo isso a baixa carga horária das aulas, sendo em média 04 aulas de 40 a 45 minutos, enquanto no regular são 06 aulas de 60 minutos.

O fracasso dos alunos com a disciplina de Física está geralmente associado, tanto no nível médio quanto no superior, mas principalmente na educação de jovens e adultos, às deficiências dos conhecimentos matemáticos básicos necessários à compreensão de determinados conteúdos, e acredita-se que somente de posse de uma boa bagagem matemática seria suficiente para modificar este cenário. Nessa perspectiva, a Matemática se mostra apenas como um instrumento ferramental, sendo um aspecto “externo” que deve ser adquirido para ser incorporado na compreensão da Física. Contudo, uma consequência desta visão pode implicar no desinteresse de estudantes pela Física pelo simples fato de não compreenderem a relevância da Matemática em seu aprendizado e desta forma, deve-se procurar maneiras de evidenciar o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem da Física, como, por exemplo, no que diz respeito à compreensão dos fenômenos físicos matematicamente, trabalhando-se a perspectiva da concepção da linguagem como instrumento do pensamento (Pietrocola, 2002).

Ao analisar isoladamente tais disciplinas, principalmente no ensino de Física, observa-se apresentação de conceitos, leis e fórmulas sem nenhuma articulação

com o mundo vivido pelos alunos e professores e, dessa forma, meramente desprovidos de significação. Destaca-se ainda a insistência em exercícios repetitivos, com o objetivo de que o aprendizado seja processado pela memorização, automatização, e não pela construção do conhecimento associada à assimilação das competências adquiridas nas suas vivências do cotidiano. Desta forma fica evidenciado uma deformação estrutural que vem gradualmente sendo introduzida pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural (Brasil, 2002).

Diante de tudo isso, faz-se necessário trazer novas discussões quanto ao ensino da Física, objetivando possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada e significativa. Não é uma questão de elaborar novas listas e tópicos de conteúdos programáticos, mas dar ao ensino de Física novas dimensões imprescindíveis ao mundo vivencial dos alunos, as realidades próximas ou distantes dos sujeitos, os objetos e fenômenos com os quais efetivamente lidam no cotidiano e com os problemas e indagações que movem a curiosidade deles.

2.5 A experimentação problematizadora para o ensino de Física

Importantíssimo mostrar o uso da física experimental como grande aliada no ensino aprendizagem do aluno, para que se possa evidenciar a importância dos experimentos para o desenvolvimento intelectual, bem como demonstrar os novos apoios pedagógicos que o docente de física pode obter a partir do uso de experimentos em prática educacional.

Gaspar e Monteiro (2005), fundamentados na teoria de Vigotski em que o aprendizado não é passivo, mas ativo!, apontam fatores que favorecem a demonstração experimental em sala de aula, como por exemplo: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos; não sendo obrigatória uma sala de laboratório específica; a possibilidade de ser utilizada em conjunto com a apresentação teórica do conteúdo mantendo assim a abordagem conceitual que está sendo trabalhada, e por fim talvez o fator mais importante: a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

Para Vigotsky, psicólogo bielo-russo e grande pensador importante da sua área e época, pioneiro no conceito de que o desenvolvimento intelectual das

crianças ocorre em função das interações sociais e condições de vida, era fundamental a importância da significação de conceitos. Segundo ele é na interação, mediada pela linguagem que se formam os conceitos do cotidiano, com isso, o aluno deixa de ser um simples receptor e passa a fazer parte do próprio processo de construção dos conceitos que, inclusive, valoriza os conhecimentos do cotidiano, parte deles para a construção de saberes mais sistematizados. Logo, saber física passa a significar o emprego de instrumentos conceituais para dialogar com o mundo em vários níveis, portanto a aprendizagem de conceitos está além da simples memorização do conteúdo estudado, o aluno só passa a adquirir novos significados no processo de aprendizagem quando o professor é capaz de conhecer qual o nível de conhecimento desses discentes e assim conseguir guiá-los para a compreensão de novos significados.

É notório que as experimentações em sala de aula motivam cada vez mais o aluno, deixando aberto a participação ativa dos alunos visando enriquecer cada vez mais sua aprendizagem, pois essa prática visa buscar ideias já existentes na estrutura mental dos alunos fazendo com que estes venham também a serem capazes de relacionar e acessar novos conteúdos, promovendo assim uma aprendizagem que seja relevante para os alunos.

Para Ausubel aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de „conceito “subsunçor” ou, simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. (MOREIRA, 2009, p. 153).

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o Ensino Médio (2002), as competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos, deixando assim de certa forma a abordagem tradicional, como por exemplo, a memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, e buscando um melhor aproveitamento no ensino com a proposta utilizada, com isso não se trata de ensinar a Física com o simples objetivo de mostrar sua existência, mais sim de despertar no estudante um novo conhecimento provocando assim uma nova forma de pensar e se expressar. Propõe-se também o uso de experimentos de uma forma mais ampla e lúdica possível (afinal brincar sempre vale à pena!), com

isso não se busca que o aluno venha redescobrir conceitos, mais sim de proporcionar condições de raciocínio, onde possa expor seu ponto de vista e ousar formular palpites e soluções. Ao conseguir atuar, ou seja, brincar, participar, o aluno se apropriará ludicamente do conhecimento mediado por um dado material, nesse caso o experimento.

O ato experimental proporciona uma visão diferenciada na mente do indivíduo onde busca uma maior proximidade sobre o surgimento da Ciência no mundo, pois é através do método de experimentação que a pessoa encontra um melhor entendimento sobre o fenômeno abordado gerando assim uma satisfatória compreensão do que foi discutido. O ensino de Ótica Geométrica se torna muito vago quando trabalhado apenas de forma teórica e centrada no livro didático, mas quando este é relacionado com a prática, mostra ao aluno o verdadeiro significado de fenômenos simples que ocorre em sua volta. Borges afirma que:

Por considerar que se trata de um método de aprendizagem que permita a mobilização do aprendiz, no lugar da passividade. Acredita que a riqueza das atividades experimentais consiste em proporcionar aos estudantes o manuseio de coisas e objetos num exercício de simbolização ou representação, para se atingir a conexão dos símbolos. (2002, p. 4).

Levando em conta também o uso de experimentos em sala de aula, nota-se que além de ser um procedimento didático de grande importância, é um meio de facilitar o trabalho do docente.

Segundo CHALMERS (1976), filósofo da ciência anglo-australiano, na sua obra literária “O que é ciência afinal”, define o conhecimento científico como conhecimento provado, sendo as teorias científicas derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc.

O professor deve iniciar suas atividades de uma forma simples e intrigante para que assim possa despertar a curiosidade e incentivar os alunos a participarem, pois nada adiantará apresentar experimentos em sala de aula feitos somente pelo professor, sem permitir que os alunos tentem realizar também. Para Nunes (2006), o professor é responsável por essa motivação que levará o aluno a não só em querer aprender, mas sim despertar o gosto em fazer ciência, contextualizando e dando sentido ao assunto abordado a partir das experiências, e com isso buscar fazer com que estes possam vir querer manipular o concreto, pelo qual o aluno interage através do tato, da visão e da audição, promovendo assim que o mesmo possa a vir

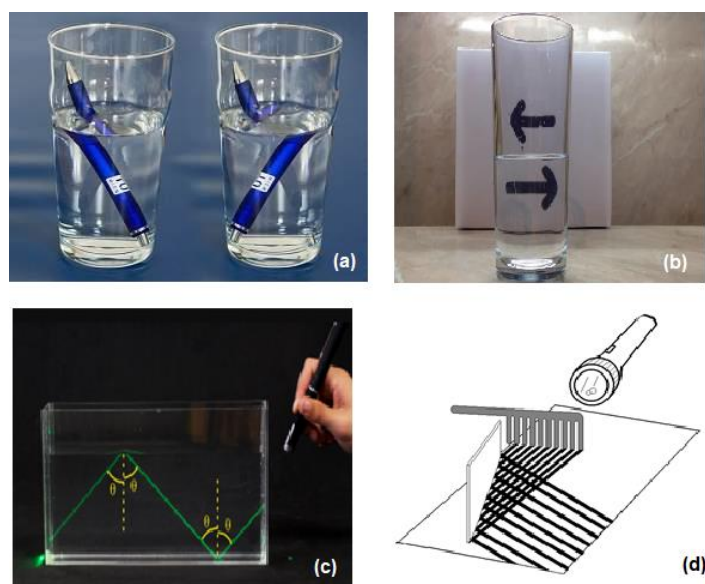
guardar aquilo na memória e nunca esquecer o que construiu. Com isso nota-se que o aprendizado se torna eficaz quando se trabalha com materiais simples, acessíveis não só aos professores, mas a todos os estudantes, no entanto, para o ensino de Ótica Geométrica seria interessante o uso de espelhos, fontes de luz (lâmpadas, vela, lanterna), lentes, entre outros, materiais esses encontrados com facilidades por todos. Sobre essa questão, Vigotsky esclarece:

Para que um experimento sirva como meio efetivo para estudar “o curso de desenvolvimento de um processo” ele deve oferecer o máximo de oportunidades para que o sujeito experimental se engaje nas mais variadas atividades que possam ser observadas e não apenas rigidamente controladas. (2007).

Segundo Vigotsky (2007), o educador deve buscar ensinar o pensamento científico, estimular questionamentos acerca de fatos que ocorrem na vida de cada um, fazendo assim das experiências pessoais dos alunos o ponto de partida para o estudo dos fenômenos que serão relacionados. Dessa forma, o experimento constitui um estímulo à argumentação dos alunos, que se dão quando eles discordam, apoiam e compartilham opiniões, informações e verificações, fazendo que eles passem a estudar a disciplina com mais seriedade e com uma melhor compreensão dos assuntos trabalhados.

A Figura 1 mostra alguns experimentos que demonstram os fenômenos da reflexão e da refração da luz.

Figura 1 – (a) Refração da luz na água. (b) Refração da luz no vidro. (c) Propagação de um feixe descrevendo a trajetória de reflexão da luz. (d) Raios de luz refletidos no espelho.



A experimentação em sala de aula pode ser de dois tipos: investigativa e ilustrativa (DELIZOICOV, 1991; GIORDAN, 1999; FRANCISCO, *et al.* 2008). A

diferença entre elas é que a investigativa é realizada anteriormente à discussão conceitual enquanto a ilustrativa é após.

A experimentação problematizadora pode ser aplicada em momentos diferentes em uma prática pedagógica, podendo, desta forma, se adequar as concepções de Paulo Freire ao espaço da educação formal. Muenchen e Delizoicov (2014) definem esses momentos em sala de aula da seguinte forma:

- **Problematização Inicial:** apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.
- **Organização do Conhecimento:** momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
- **Aplicação do Conhecimento:** momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

A dinâmica dos três momentos pedagógicos, partindo de uma situação problema, pode dar origem a um tema gerador de estudo, relacionado ao cotidiano do aluno e ajudar a organizar o trabalho em sala de aula. Durante o período letivo, o aluno, ao sistematizar os conhecimentos que possui e relacioná-los com os conteúdos escolares, passa a adquirir competências e habilidades, estabelecendo relações com o mundo do trabalho, e então, será capaz de se relacionar criticamente na sociedade em que vive.

No caso específico da óptica geométrica, os alunos devem ser apresentados aos conceitos fundamentais do conteúdo em questão, para então expor suas dúvidas, relatar suas maiores dificuldades e, assim, o professor compreenderá o porquê das dificuldades encontradas pelos educandos e propor estratégias que possam levar a compreensão dos conteúdos a serem abordados, discutidos e avaliados em sala de aula.

3 ÓPTICA GEOMÉTRICA

3.1 Um breve histórico sobre a luz

A teoria do “Big Bang” considera que há aproximadamente quinze bilhões de anos o universo possuía um tamanho extremamente reduzido e uma temperatura extremamente alta, condições tais que resultaram numa grande explosão. No primeiro momento, com a expansão do universo, a temperatura teria baixado para algo em torno de dez bilhões de graus Celsius, ocasião na qual o universo continha algumas espécies de partículas e luz. Após uma centena de segundos, a temperatura teria baixado para um bilhão de graus celsius (temperatura no interior das estrelas mais quentes), resultando na formação dos núcleos de alguns átomos a partir da matéria preexistente. O universo continuava se expandindo, a temperatura baixando para casa dos milhares e os átomos começaram a se formar. Contudo nas regiões onde a matéria mostrou uma concentração mais acentuada, a expansão foi fortemente freada pela atração gravitacional e, desta forma a matéria teria sofrido colapsos em regiões específicas, numa sequência que resultou na formação das galáxias atuais (SALVETTI, 2008).

Nos primeiros dois bilhões de anos de formação da Terra a temperatura era muito alta, o que inviabilizava o desenvolvimento de organismos vivos. Contudo nos três bilhões de anos seguintes, período em que com a expansão do universo houve um resfriamento das nuvens de gases, deu-se o desenvolvimento dos organismos atuais.

Nesse momento uma pergunta se fazia necessário. Era possível ter vida sem a presença da luz? De cara percebeu-se que só existe vida na presença de luz, pois a vida da forma que se conhece desde sempre depende de três elementos essenciais: carbono, água e luz. Nessa época ainda não havia a atmosfera, a qual teria se formado a partir da emissão de gases das rochas, trazendo na sua constituição os elementos hidrogênio, hélio, nitrogênio, metano, amônia e vapor d'água. O oxigênio teria vindo dos mares para a atmosfera. Hoje a atmosfera é composta de, aproximadamente, 78% de hidrogênio, 20% de oxigênio e os 2% restantes de gases nobres, dióxido de carbono e vapor d'água. (SALVETTI, 2008)

O conhecimento que a luz se propaga em linha reta já era sabido desde o mundo antigo, porém a ideia defendida nesta época era que os raios de luz saíam

dos olhos em direção aos objetos de modo que se pudesse “sentir” esses objetos. Estas primeiras noções começaram com Euclides (325 a.C. a 265 a. C.), o qual, no seu tratado, *Ótica*, descreveu a luz como raios que partiam dos olhos para os objetos. Todavia, foi também o primeiro a notar que a luz viajava em linha reta e descreveu a lei da reflexão. Euclides foi seguido por Heron de Alexandria (10 d.C. a 70 d.C.), que na sua obra *Catóptrica*, mostrou geometricamente que um raio de luz percorre o caminho mais curto quando refletido por um espelho plano. Na sequência vem Cláudio Ptolomeu (90 d.C. a 168 d.C.), o qual estudou a refração da luz, sugerindo que o ângulo de refração era proporcional ao ângulo de incidência. (SALVETTI, 2008)

O desenvolvimento das primeiras noções e teorias da luz pelos gregos deu-se até o segundo século d.C., a partir daí sucedeu-se um longo período de hibernação científica que perdurou até ao início do século XVII. Contudo um dos nomes que se destacou nestes cerca de 1500 anos foi Ibn al-Haitham (963–1039), conhecido na Europa como Alhazen. Ibn al-Haitham foi o pioneiro a destrinçar luz de visão, a retirar da ótica o aspecto subjetivo do que os olhos veem. Contrapôs-se a lei da refração de Ptolomeu, asseverando que apenas se verificava para pequenos ângulos, dialogou sobre a refração atmosférica, explicou o aumento aparente do Sol e da Lua quando perto do horizonte e foi o primeiro a dar uma descrição imperativa do funcionamento do olho humano. Ibn al-Haitham foi sem dúvida a figura mais importante na história da ótica e da luz desde a antiguidade até ao século XVII, de tal maneira que o Ano Internacional da Luz, 2015, assinala, entre vários almanaques, o milésimo aniversário do seu tratado *Kitab al-Manazir* (SALVETTI, 2008).

O século XVII foi marcado pelo grande desenvolvimento da ótica impulsionado pela invenção de novos instrumentos ópticos, como o microscópio e o telescópio. A invenção do microscópio é atribuída ao fabricante de óculos holandês Zacharias Janssen, em 1590, no entanto, esta descoberta é disputada pelo seu compatriota Hans Lippershey. Já a invenção do telescópio está associada não só a estes dois fabricantes de óculos, como também ao fabricante de instrumentos e oculista, também holandês, Jacob Metius, em 1608.

Seguindo os passos dos outros cientistas da época, Galileu Galilei (1564–1642) construiu em 1609 o seu próprio telescópio, o que lhe propiciou fazer

observações e descobertas astronômicas que eventualmente fundamentaram o modelo heliocêntrico de Copérnico. Neste interim, Johannes Kepler (1571–1630) foi um dos poucos a crer na teoria heliocêntrica de Copérnico, retratou explicações dos princípios que envolviam a utilização de lentes convergentes e divergentes em microscópios e telescópios e descobriu as leis de movimento planetário. Coube a Kepler também apresentar uma explicação correta da visão e das funções da pupila, da córnea e da retina e descobriu também a reflexão interna total, porém foi incapaz de deduzir uma relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração. Somente em 1621, Willebrord Snell (1580–1626) descobriu experimentalmente a lei da refração, a relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração quando a luz passa de um meio transparente para outro.

A lei da refração na sua forma atual, a qual envolvia termos sinusoidais, foi publicada por René Descartes (1596–1650) em 1644. Em 1657 e, neste mesmo período, coube a Pierre de Fermat (1601–1665) deduzir a lei da refração do seu princípio de tempo mínimo, que diz que “a trajetória percorrida pela luz ao se propagar de um ponto a outro é tal que o tempo gasto em a percorrer é um mínimo”. No final do século XVII, a ótica geométrica e a fabricação de lentes eram bem compreendidas, contudo a natureza da luz era ainda um mistério. É neste instante que Isaac Newton (1642–1727), físico e matemático inglês, presenteia a humanidade com uma contribuição essencial ao descrever a dispersão da luz branca quando atravessa um prisma (1666) e arremata que a luz solar era constituída por luz de diferentes cores.

Foi nesta época também que se construiu o primeiro telescópio refletor para solucionar o problema da aberração cromática exibida pelos telescópios refratores (1668). A essa altura, Christiaan Huygens (1629–1695) propagava a sua teoria ondulatória proposta no seu *Traité de Lumière* em 1690. De acordo com a teoria de Huygens, em cada ponto do espaço, a luz excita ondas elementares. Essas excitações funcionavam então como fontes secundárias, e assim se propaga a luz. O mais extraordinário é que o modelo de Huygens não é uma verdadeira teoria ondulatória, pois não é apenas a luz que sofre os fenômenos da reflexão e refração, mas todo tipo de onda. Através da sua teoria, Huygens conseguiu explicar a velocidade reduzida da luz num meio mais denso, a refração, a polarização e a

birrefringência. Nesse período, a visão que Newton tinha de luz chocava frontalmente com a de Huygens.

Através da sua obra *Opticks* (1704), Newton apresentou a ideia de que a luz é corpuscular, é formada por raios que viajam em linha reta. Para ele a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória. Newton explicou muitos fenômenos com a sua teoria corpuscular e, devido ao peso das suas opiniões, elevou que seus trabalhos e teorias fossem os mais aceitos durante cem anos. Cabe ressaltar que durante esta disputa, em 1676, Ole Romer determinou a velocidade da luz através do atraso nos eclipses das luas de Júpiter durante o período de afastamento entre a Terra e este planeta e, coube a Romer obter o valor aproximado da luz em cerca $2 \times 10^8 \text{ m/s}$.

O século XVIII foi marcado por uma escassez em desenvolvimentos ópticos, contudo no século XIX a ótica evoluiu rapidamente. Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência e mostrou, com uma série de experiências engenhosas, na qual a luz se comportaria claramente como uma onda. Evidenciou-se assim a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), a qual era até então vista como uma onda longitudinal. Entretanto, boa parte dos progressos da teoria ondulatória daquele século deve-se a Augustin Jean Fresnel (1788–1827), apologista da teoria ondulatória, explicou a propagação retilínea da luz em meios homogêneos e isotrópicos, idealizou cálculos padrões de difração e deduziu equações para a intensidade da luz refletida e refratada. Foram Fresnel juntamente com Dominique François Arago (1786–1853) que demonstraram que dois raios de luz com polarizações perpendiculares não interferiam, o que permitiu que Young chegasse à conclusão de que a luz é uma onda transversal.

Ainda no século XIX coube a Joseph Von Fraunhofer (1787–1826) inventar a espectroscopia, sendo o seu trabalho continuado e consolidado por Gustav Kirchhoff (1824–1887). Os sucessos da teoria ondulatória até a presente data não tinham rival na teoria corpuscular, contudo a decisão final veio da medição da velocidade da luz por Jean Bernard Léon Foucault (1819–1868), que em 1850 provou que a velocidade da luz na água era inferior à velocidade da luz no vácuo, algo que contrariava Newton e a sua teoria corpuscular. Em seus trabalhos de pesquisa Foucault chegou a um valor de 298.000 km/s para a velocidade da luz no ar.

Inspirado nos trabalhos de Michael Faraday (1791–1867), James Clerk Maxwell (1831–1879) derivou as equações fundamentais do eletromagnetismo, as quais implicam a existência de ondas eletromagnéticas transversais a propagar-se a uma velocidade fixa, à velocidade da luz.

Em 1888, Heinrich Hertz (1857–1894) projetou um detector e um oscilador que lhe permitiram gerar e detectar ondas eletromagnéticas, fazendo da ótica um ramo da eletrodinâmica. Foi Hertz que descobriu também o efeito fotoelétrico (1887), embora a sua explicação fosse comprovada apenas com Einstein, anos mais tarde. No fim do século XIX, o sucesso da teoria ondulatória parecia inequívoco, porém coube a Max Planck (1858–1947) explicar a distribuição de energia de um corpo negro usando a sua teoria quântica.

Considerado um dos maiores expoentes da ciência, Albert Einstein (1879–1955) introduziu nos estudos de propagação da luz o conceito de quanta de energia e assim atribuiu novamente propriedades corpusculares à luz. Ao renovar a perspectiva corpuscular, Einstein abriu caminho à noção de dualidade onda-partícula e este conceito foi central na revolução desencadeada pela mecânica quântica, onde reciprocamente se atribui às partículas microscópicas um comportamento ondulatório.

Em 1905, no seu *annus mirabilis*, Einstein publicou quatro artigos que revolucionaram a física que resolveram quatro problemas, direta ou indiretamente, associados à luz. Primeiramente ele examinou o efeito fotoelétrico, verificado experimentalmente no final do século XIX, que consistia na dependência da energia dos elétrons emitidos por superfícies metálicas em função da frequência da luz incidente. Esta ideia foi essencial para o entendimento do efeito fotoelétrico ao assumir que a luz é composta por corpúsculos, os fótons, com energia proporcional à sua frequência.

A explicação do fenómeno fotoelétrico encerrou definitivamente muitas questões acerca da existência dos átomos, até então inobservados e, desta forma, foi apresentada então a teoria da relatividade restrita, no seio da qual a luz tem um papel estruturante, e sua demonstração da equivalência entre a massa de repouso, (m) de um corpo e a energia (E), nele armazenada: a célebre equação $E = mc^2$, sendo (c) a velocidade da luz no vácuo. A teoria da relatividade restrita surgiu para

resolver outra crise da física clássica. A mecânica de Newton e a teoria eletromagnética de Maxwell foram formuladas no pressuposto de que as suas leis eram independentes da velocidade relativa constante (v) entre sistemas de referência (referenciais de inércia).

Consumada a relatividade restrita, a qual estabeleceu a invariância das leis da física para referenciais inerciais, o passo seguinte passou pela generalização para referenciais acelerados. Em 1915, Einstein alcançou toda a extensão da Teoria da Relatividade Geral, para tanto ele observou que, na vizinhança de um dado ponto, os efeitos de um campo gravitacional são equivalentes aos observados num referencial acelerado, e que neste referencial um raio de luz é curvado, pelo que dever-se-ia prever que o mesmo acontecesse num campo gravitacional. Pela teoria da relatividade geral, a gravitação é uma consequência da curvatura do espaço-tempo, sendo esta curvatura determinada pela dinâmica da matéria/energia. Mutuamente, a dinâmica da curvatura do espaço-tempo afeta a matéria/energia. Assim, ao propagar-se num espaço-tempo curvo, a luz é defletida na vizinhança de corpos massivos e o movimento dos corpos celestes é determinado por essa curvatura. A teoria também previu a existência de “lentes” gravitacionais, isto é, distorções, imagens duplas, concentrações de luz sob a forma de arcos etc. causadas pela curvatura do espaço-tempo.

O desenvolvimento da teoria quântica por Planck e as contribuições dadas por Einstein no início do século XX culminaram num entendimento mais aprofundado das propriedades e natureza da luz, desencadeando um processo acelerado de invenções e desenvolvimento de tecnologia baseada na luz, das quais se destacam o laser e a fibra ótica. Durante as últimas décadas, foram alcançados significativos avanços tecnológicos baseados no estudo da ótica.

3.2 A compreensão da luz e da visão na perspectiva do ensino da ótica

Quando se estuda ótica num curso de ensino médio, o enfoque tradicionalmente se restringe ao estudo de aspectos geométricos, baseados no conceito de raio de luz e na análise das características de alguns elementos específicos, como por exemplo, espelhos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes. Todos esses elementos sempre são indicados por retas e pontos num plano, sem ficar evidente que a luz se propaga num espaço tridimensional, que há uma fonte de luz e que existem obstáculos para a propagação. Os aspectos

concernentes à natureza da luz, sua interação com a matéria e sua ligação com o processo de visão, também são, em geral, desconsiderados. Como podemos notar através da literatura específica (OSBORNE & BLACK, 1993), as concepções espontâneas ou alternativas são abundantes nesse campo da Física. Em função desse conjunto de concepções, o ensino desvinculado dos aspectos físicos ligados à natureza da luz e ao processo de visão acaba não só tornando o aprendizado mais difícil como também pode reforçar muitas das concepções espontâneas e proporcionar aos estudantes uma apreensão incorreta dos conceitos cientificamente aceitos.

O desenvolvimento de muitas pesquisas sobre as formas alternativas de conceber os conceitos da Física (AXT, 1986; LOUZADA; ELIA; SAMPAIO, 2015; PEDUZZI, 2005; SILVA; NÚÑEZ, 2007; SILVEIRA, 2013) trouxe uma questão subsequente ao se tentar levar para o ensino em sala de aula as informações encontradas. Aproveitar os testes e questionários utilizados pelos pesquisadores para aplicar com os alunos e evidenciar os mesmos modos de pensar já encontrados. Esse foi um trabalho pedagógico interessante e que sem dúvida serviu para que os professores tomassem consciência da existência desses modelos alternativos, mas o professor na sala de aula precisa mais do que isso: o que fazer com sua conduta pedagógica para obter resultados significativos e cientificamente corretos dos seus alunos?

Dizendo de outro modo, o que pode mudar efetivamente no ensino, sabendo que os erros não representam apenas uma dificuldade pontual em relação ao modelo físico, mas que eles têm uma origem que pode ser atribuída a um modelo alternativo (espontâneo ou de senso comum) da teoria física? Neste sentido, o erro não é simplesmente uma digressão (Astofi, 1999), mas um conflito de duas teorias, mais profundo e fundamental.

Adotando uma concepção construtivista da aprendizagem, os indivíduos aplicam seus modelos disponíveis para resolver os problemas com que se deparam; tais modelos são mais amplos e completos do que mostram numa simples aplicação à resolução de um problema. A resposta certa ou errada tem como suporte uma estrutura, uma rede de relações que dificilmente é explicitada e que não pode ser imediatamente reconhecida na sua aplicação local e particular. Aceito isto, a

eliminação de um erro evidenciado numa situação dada não garante uma modificação no modelo mais geral e nem mesmo o descarte de uma de suas partes.

Na atualidade estamos desfrutando de muitos aparatos tecnológicos, que há décadas foram sonhados e atualmente começam a fazer parte do cotidiano das pessoas. A maior parte desses recursos envolve a área do eletromagnetismo. Um dos maiores expoentes do estudo do eletromagnetismo foi James Clerk Maxwell (1831 - 1879). Ele propôs quatro equações envolvendo campos elétricos, campos magnéticos, e distribuições de carga e densidade de corrente que resultaram em grandes contribuições para a Física. Embora tenha dado importantes contribuições em outros ramos da Física, a que lhe deu maior notoriedade foi a sua previsão de que a luz é uma onda eletromagnética.

A partir desta descoberta, Maxwell conseguiu unificar em uma única teoria o Eletromagnetismo e a Óptica. Atualmente sabemos que qualquer problema de eletricidade, de magnetismo e de óptica pode ser abordado utilizando o formalismo de Maxwell. Assim, além de descrever o comportamento do campo elétrico e do campo magnético, as equações de Maxwell possibilitaram a previsão da existência das ondas eletromagnéticas, as quais são muito conhecidas e empregadas na ciência e na tecnologia. As principais ondas eletromagnéticas (radiação eletromagnética) são: as ondas de rádio, as micro-ondas, a radiação infravermelha, os raios X e raios gama e a luz visível ao olho humano.

Diferentemente das ondas mecânicas, como o som, as ondas eletromagnéticas podem propagar-se tanto em meios materiais quanto no vácuo. Por tratarem-se de fenômenos ondulatórios, elas podem sofrer reflexão, refração, absorção, difração, interferência, espalhamento e polarização. Todos esses fenômenos mencionados apresentam como base a presença de fenômenos ondulatórios eletromagnéticos, caracterizados pela propagação das ondas e, portanto, da energia, sem a necessidade de um meio material para tanto."

No caso específico da sequência didática proposta para estudo em questão, os fenômenos descritos foram a reflexão e a refração da luz.

3.3 Demonstrações das leis da reflexão e refração da luz

A luz pode ser entendida tanto como partícula (fótons) quanto como onda eletromagnética. Quando considerada como onda eletromagnética, é essencial, para uma compreensão mais aprofundada, orientar seu estudo pelo

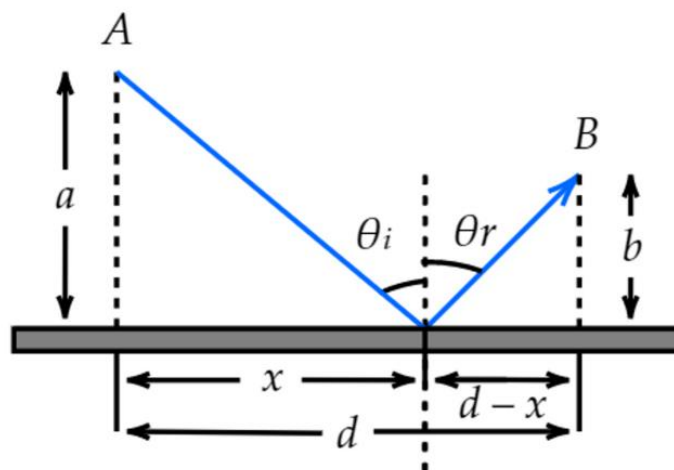
chamado Princípio de Fermat. Este princípio, também conhecido como princípio do tempo mínimo, foi formulado pelo cientista Pierre de Fermat e estabelece que a luz sempre busca o caminho que levará menos tempo para percorrer uma trajetória retilínea de um ponto a outro em um mesmo meio homogêneo. A partir dessa ideia, foram desenvolvidas outras leis e princípios cruciais para o estudo dos raios de luz.

Uma das leis regidas pelo Princípio de Fermat é a lei da reflexão da luz. A reflexão da luz é um fenômeno óptico e ondulatório (pois todas as ondas podem sofrer reflexão) que consiste na alteração da direção de propagação do raio de luz após incidir em uma superfície refletora. Por meio desse fenômeno, os seres humanos conseguem enxergar objetos que não emitem luz própria, já que a luz incide neles, reflete-se até nossos olhos e forma a imagem que percebemos. A explicação desse fenômeno ocorre em nível microscópico, devido aos átomos que não conseguem absorver determinados comprimentos de onda da luz, refletindo-os de volta para o meio externo.

Conforme a Lei da Reflexão, os ângulos de incidência e reflexão, em relação à reta normal à superfície do raio de luz, são iguais e estão contidos no mesmo plano. Já na reflexão difusa, a luz incide e reflete com ângulos completamente diferentes, resultando na impossibilidade de observar imagens perfeitas no processo.

A demonstração da lei da reflexão pode ser visualizada no esquema representado na Figura 2.

Figura 2 - Representação da reflexão de um rraio de luz do ponto A para um ponto B



Na Figura 2 observa-se que há dois triângulos retângulos, e é possível calcular o valor de suas hipotenusas a partir do Teorema de Pitágoras, encontrando os seguintes valores:

Para o triângulo de altura a temos que

$$h_i = \sqrt{a^2 + x^2}. \quad (1)$$

No caso do triângulo de altura b , a hipotenusa é dada por

$$h_r = \sqrt{b^2 + (d - x)^2}, \quad (2)$$

em que os índices i e r indicam incidência e reflexão, respectivamente.

Com base nesses valores, que representam as distâncias percorridas por cada raio de luz, é razoável calcular o tempo total necessário para que o raio de luz se desloque do ponto A para o ponto B. De acordo com o Princípio de Fermat, esse tempo deve ser o mínimo possível, e, portanto, esses valores devem ser utilizados nos cálculos. Como não ocorre mudança de meio durante o processo, a velocidade do raio de luz permanece constante. Assim, procedemos ao cálculo do tempo total para o percurso completo com base nas equações do movimento retilíneo uniforme.

Para o raio incidente o tempo é determinado a partir da expressão

$$t_i = \frac{h_i}{v} = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v} \quad (3)$$

No caso do raio refletido o tempo é determinado pela expressão

$$t_r = \frac{h_r}{v} = \frac{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{v} \quad (4)$$

Somando esses dois tempos para encontrar o tempo total gasto pelo raio de luz para sair de A e atingir B:

$$t = t_i + t_r \quad (5)$$

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v} + \frac{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{v}, \quad (6)$$

tal que

$$t = \frac{1}{v} \left(\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d - x)^2} \right). \quad (7)$$

Para encontrar o tempo total gasto no movimento, deve-se minimizar esse valor a fim de respeitar o Princípio de Fermat. O método matemático utilizado para isso consiste em igualar a derivada da função (dt/dx) a zero, que a taxa de variação instantânea da função. Portanto,

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{1}{v} \left(\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2} \right) \right] = 0 \quad (8)$$

ou ainda

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} = 0 \quad (9)$$

que pode ser reescrita como sendo

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (10)$$

Ao verificarmos a Figura 2 podemos concluir que

$$\text{sen}\theta_i = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \quad (11)$$

e

$$\text{sen}\theta_r = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}. \quad (12)$$

Finalmente, considerando que ambos os ângulos são agudos (entre 0 e 90°) ou no máximo ângulos retos (90°), então pode se concluir que eles são iguais, comprovando a lei da reflexão da luz, isto é,

$$\theta_i = \theta_r. \quad (13)$$

Ao utilizarmos ainda a Figura 2 quanto da demonstração da lei da reflexão e respeitando o princípio de Fermat, pode-se afirmar que a Eq. (2) se torna:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v_i} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v_r} \right] = 0, \quad (14)$$

o que resulta em

$$\frac{1}{v_i} \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{1}{v_r} \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (15)$$

Portanto, a partir das Eqs (11) e (12), verifica-se que a Eq. (10) é reescrita como:

$$\frac{1}{v_i} \text{sen} \theta_i = \frac{1}{v_r} \text{sen} \theta_r.$$

Como o índice de refração (n) é uma medida da quantidade pela qual a velocidade da luz é reduzida ao passar por um meio. Quanto maior o índice de refração, maior a redução na velocidade da luz, tal que

$$n = \frac{c}{v} \quad (16)$$

relaciona a velocidade da luz no vácuo à velocidade da luz no meio material, fornecendo uma medida quantitativa dessa redução. Conclui-se, portanto, que

$$n_i \text{sen} \theta_i = n_r \text{sen} \theta_r, \quad (17)$$

que é a lei de Snell, que relaciona os ângulos de incidência e refração com os índices de refração dos meios envolvidos. Essa lei é fundamental na óptica e é usada para prever como a luz se propagará e mudará de direção ao atravessar diferentes meios com diferentes propriedades.

O estudo das leis da reflexão e refração da luz descrito neste capítulo é de suma importância para a realização do produto educacional proposto para os alunos da EJA do ensino médio, por se tratar de um conteúdo que possibilitou a realização de experimentos práticos de baixo custo e com materiais de fácil aquisição, nos quais os próprios alunos confeccionaram e participaram ativamente quando da apresentação destes experimentos na minifeira de ciências, uma das etapas desenvolvidas no recurso educacional descrito no próximo capítulo.

4 RECURSO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido trata-se de uma sequência didática de ensino voltada para a Educação de Jovens e Adultos-EJA realizada na Unidade Escolar Carlos Franco, no município de Gudalupe-PI, com 38 alunos da VI etapa do ensino médio.

A Sequência Didática assemelha-se a um plano de aula, mas é mais abrangente, abordando diversas estratégias de ensino e aprendizagem ao longo de vários dias. Acredita-se que essa estratégia possa contribuir significativamente para a apropriação do conhecimento, permitindo que as concepções dos alunos sejam compreendidas, possibilitando intervenções dos educadores conforme necessário. Dessa forma, ela se configura como uma ação democrática em relação aos alunos.

Através da Sequência Didática, o professor, mesmo que possua lacunas em seu conhecimento, tem a oportunidade de adquiri-lo durante o processo de preparação para lecionar determinado tema. Essa abordagem se apresenta como uma sugestão valiosa para a prática pedagógica. O professor pode intervir a todo momento para aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, proporcionando situações que estimulem os alunos a adotarem uma postura reflexiva e a se tornarem protagonistas do processo educacional.

No desenvolvimento do recurso educacional, pautado na metodologia de Paulo Freire e, mais especificamente, na atividade educacional emancipadora, buscamos estabelecer uma abordagem dinâmica e participativa para o ensino dos conceitos de ótica geométrica. Inspirados pela visão freiriana de educação como prática libertadora, propomos uma experiência de aprendizado que vai além da simples transmissão de conhecimento, promovendo a construção ativa e crítica do saber.

Ao adotar a atividade experimental problematizadora, estamos comprometidos em instigar a curiosidade, o questionamento e a reflexão dos alunos. Paulo Freire enfatizava a importância de engajar os estudantes em situações desafiadoras que os levem a refletir sobre a realidade, integrando teoria e prática de maneira significativa.

No contexto específico da ótica geométrica, propomos atividades experimentais que não apenas ilustrem os conceitos teóricos, mas que também incentivem os alunos a elaborar perguntas, levantar hipóteses e buscar soluções de

forma colaborativa. O processo de problematização, aqui, não apenas facilita a compreensão dos fenômenos ópticos, mas também desenvolve habilidades críticas e analíticas, fundamentais para a formação integral dos estudantes.

Assim, ao incorporar a metodologia de Paulo Freire, almejamos não apenas transmitir conhecimento sobre ótica geométrica, mas proporcionar uma experiência educacional que empodere os alunos, estimule o pensamento crítico e os prepare para enfrentar desafios complexos, contribuindo para a construção de cidadãos conscientes e participativos.

4.1 O contexto do estudo

O recurso educacional que desenvolvemos foi projetado para atender às necessidades específicas de aprendizagem dos alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA) em uma escola da rede Estadual localizada na cidade de Guadalupe–PI. Este recurso visa aprimorar o desempenho educacional, concentrando-se, em particular, no estudo das leis que governam os fenômenos de reflexão e refração da luz, ambos elementos fundamentais da ótica geométrica.

A escolha da referida escola foi motivada pelo envolvimento profissional na instituição, que faz parte da 10ª Gerência Regional de Educação de Floriano (10ª GRE Floriano) e, conseqüentemente, da Rede Estadual de Ensino do Estado do Piauí. Atualmente, a escola conta com um corpo docente de vinte e um (21) professores, entre efetivos e contratados, atendendo duzentos e cinquenta e quatro (254) estudantes no total.

Desse número, cento e noventa (190) estão matriculados no ensino médio regular, enquanto sessenta e quatro (64) estão matriculados no EJA médio. Os estudantes estão distribuídos em cinco (05) turmas no turno matutino, totalizando cento e noventa (190) alunos, e três (03) turmas no turno noturno, somando sessenta e quatro (64) estudantes.

Para atender às demandas educacionais, a escola possui uma infraestrutura composta por dez (10) salas de aula climatizadas, um (01) laboratório de informática (desativado), um (01) laboratório de ciências (equipamentos e materiais fora de uso), uma (01) biblioteca, uma (01) sala de mediação tecnológica equipada com TV e Datashow, uma (01) sala de jogos didáticos e uma (01) cantina.

4.1.1 Os participantes da pesquisa

Para o desenvolvimento de nossa proposta pedagógica, solicitamos a anuência da gestão escolar quanto a aplicação da sequência didática no âmbito da sala de aula através de um termo de compromisso (Apêndice A). Neste termo fizemos uma explanação prévia e embasada acerca do trabalho que seria desenvolvido na escola. A gestão, então, garantiu total apoio ao desenvolvimento de nossa prática.

No termo deixamos claro que como o público-alvo desta pesquisa são jovens e adultos, toda e qualquer forma de divulgação dos trabalhos realizados, quer seja por fotos ou por vídeos, deverão ter o consentimento dos responsáveis.

O trabalho foi aplicado em duas turmas de EJA do turno noturno denominadas de 2º A e 2º B, num total de trinta e oito (38) alunos da segunda série do ensino médio EJA da Unidade Escolar Carlos Franco, em Guadalupe-PI, durante o primeiro e o segundo bimestres de 2022. O universo desta pesquisa são jovens e adultos, mais precisamente 22 alunas e 16 alunos, na faixa etária de 18 a 31 anos de idade, que na sua maioria trabalham o dia todo e que durante o turno noturno dedicam-se aos estudos visando a conclusão do seu ensino médio e quiçá conquistar um espaço no ensino superior.

4.2 Metodologia da pesquisa

A metodologia da pesquisa teve seus primeiros passos delineados a partir da escolha do produto educacional a ser implementado na modalidade de ensino que desejávamos possibilitar a implementação de uma proposta pedagógica que fosse capaz de atender a real necessidade dos alunos da Educação de Jovens e Adultos.

Definida a proposta pedagógica o próximo passo foi definir a fundamentação teórica que nortearia o estudo proposto para este fim, e neste caso foi escolhido os embasamentos teóricos fundamentados nos estudos do educador e filósofo brasileiro Paulo Freire.

Após definida a proposta pedagógica e a fundamentação teórica, escolheu-se o local aonde o produto educacional, uma sequência didática de ensino, seria implementada. Para o desenvolvimento da sequência didática foi estabelecido que a mesma seria realizada em 05(cinco) etapas, distribuídas em 04(quatro) encontros presenciais. Todo o desenvolvimento da sequência está descrito no capítulo destinado para a apresentação do produto educacional.

Cabe ressaltar que a metodologia da pesquisa foi cuidadosamente delineada para promover a participação ativa dos estudantes no experimento. Inicialmente, o professor desempenhou um papel crucial ao explicar detalhadamente a atividade experimental, destacando o procedimento prático e enfatizando a relevância da documentação cuidadosa das informações obtidas. Essa fase inicial teve como objetivo preparar os alunos para uma execução eficaz do experimento.

Após a explicação, os estudantes receberam uma ficha de observação experimental (Apêndice A), na qual estavam listados os materiais a serem utilizados e as etapas do procedimento experimental. Além disso, a ficha continha instruções específicas para a realização de observações sistematizadas durante o experimento, incentivando os alunos a registrarem as características físicas mais relevantes do sistema em análise.

Neste contexto, desde o início, houve uma abordagem que visava problematizar e destacar a importância da precisão no registro de informações. Os alunos foram orientados a adotar uma postura rigorosa na coleta e documentação dos dados, compreendendo a relevância desses registros para a análise posterior do experimento.

Paralelamente à realização do experimento, os alunos foram solicitados a responder a um questionário (Apêndice B), uma avaliação diagnóstica, que buscava identificar suas ideias prévias sobre o fenômeno observado. O questionário tinha como objetivo não apenas levantar informações sobre o conhecimento prévio dos alunos, mas também estimulá-los a formular hipóteses com base nas observações feitas durante o experimento.

Os dados coletados durante a pesquisa foram provenientes de diversas fontes, incluindo os registros de campo feitos pelos estudantes, as fichas de observação preenchidas durante o experimento e as respostas aos questionários. Essa abordagem multifacetada proporcionou uma base rica para análise, permitindo uma compreensão abrangente das percepções dos alunos e dos resultados obtidos no experimento de ótica geométrica.

4.3 A sequência didática

A sequência didática proposta busca integrar a metodologia problematizadora de Paulo Freire à educação de jovens e adultos, promovendo uma aprendizagem ativa, significativa e contextualizada. A interação constante entre teoria e prática visa

atender às necessidades específicas dos alunos, proporcionando um ambiente educacional envolvente e estimulante. Esta sequência didática foi desenvolvida em 5 (cinco) encontros.

Encontro 1 - Introdução e Sensibilização (50 minutos):

- Apresentação da proposta de aprendizagem, destacando a relevância da ótica geométrica na compreensão do mundo ao nosso redor.
- Diálogo inicial sobre as experiências e conhecimentos prévios dos alunos em relação à ótica.
- Discussão sobre a importância das leis da reflexão e refração da luz no cotidiano e no desenvolvimento profissional dos alunos.

Encontro 2 - Apresentação Teórica e Problemática (50 minutos):

- Exposição teórica sobre os conceitos fundamentais das leis da reflexão e refração da luz, com foco nas leis de reflexão e refração.
- Apresentação de uma situação-problema, para saber as dificuldades dos alunos em compreender os conteúdos relacionados ao conteúdo da ótica geométrica, incentivando a reflexão e a discussão entre os alunos.
- Distribuição do questionário (Apêndice A) para levantar as ideias prévias dos alunos sobre o fenômeno observado.

Encontro 3 - Execução do Experimento (50 minutos):

- Explicação detalhada do experimento prático, destacando os materiais e o procedimento experimental.
- Divisão dos alunos em grupos para a realização do experimento, com acompanhamento e suporte do professor.
- Estímulo à observação sistemática e registro rigoroso das informações conforme a ficha de observação (Apêndice B).

Encontro 4 - Análise e Discussão (50 minutos):

- Revisão das observações e dados coletados durante o experimento.
- Debate em grupo sobre as descobertas, comparando-as com as ideias prévias levantadas no questionário.
- Estímulo à reflexão crítica sobre as leis de reflexão e refração, incentivando a formulação de hipóteses e conclusões.

Encontro 5 - Síntese e Aplicações Práticas (50 minutos):

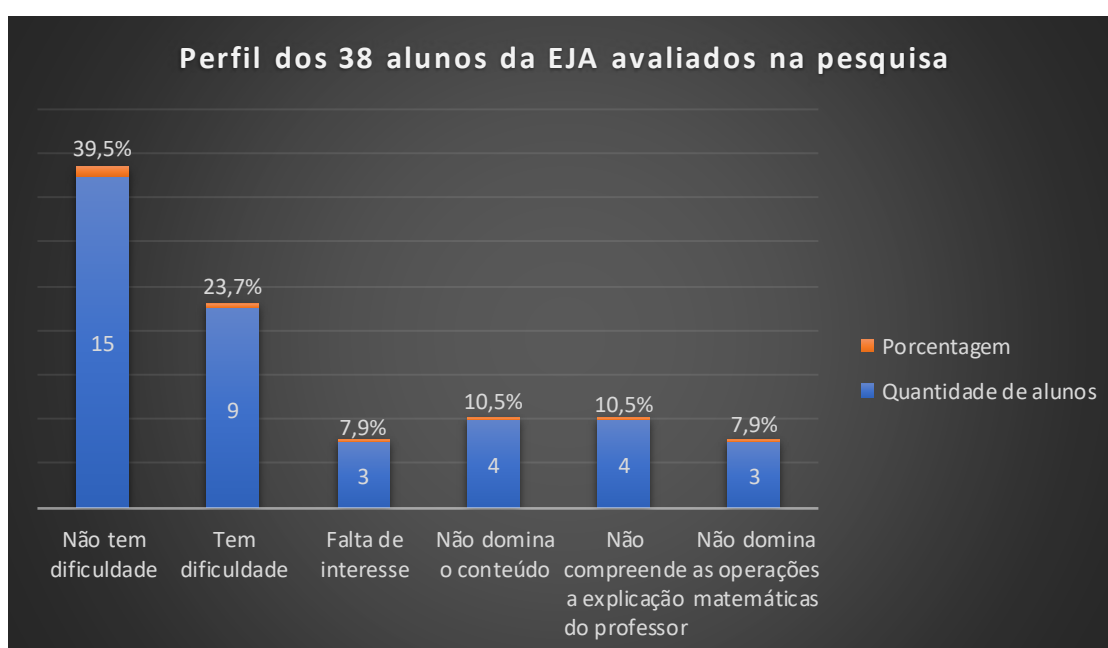
- Síntese dos principais conceitos aprendidos ao longo da sequência didática.
- Apresentação de situações práticas em que os conceitos de ótica geométrica são aplicáveis.
- Reflexão final sobre a importância do aprendizado na vida cotidiana e profissional dos alunos.

Ao longo dos encontros, o recurso educacional assume diferentes papéis, desde a introdução teórica até a execução prática do experimento, proporcionando uma abordagem completa e integrada. As etapas da sequência didática foram cuidadosamente desenhadas para estimular a participação ativa dos alunos, incentivando a reflexão crítica, a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento.

5 A APLICAÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL

Inicialmente, elaborou-se um questionário (Apêndice B) a fim de traçar o perfil dos 38 alunos participantes desta pesquisa com o propósito de diagnosticar suas habilidades e competências em relação aos conceitos abordados nos fenômenos ópticos propostos na sequência didática. Através do gráfico apresentado na Figura 3, evidencia-se o grau de dificuldade enfrentado pelos alunos avaliados, destacando-se que a maioria enfrenta desafios na aprendizagem dos conteúdos de Física. Diversos fatores, como responsabilidades familiares e profissionais, defasagens em conceitos fundamentais, e metodologias de ensino desalinhadas às necessidades específicas dos alunos da EJA, podem estar interrelacionados a essa dificuldade percebida.

Figura 3 – Averiguando os conhecimentos dos alunos em Física no Ensino Médio.



Fonte: Próprio autor (2024).

Com base nos resultados do perfil dos alunos, ilustrados no gráfico acima, deu-se início à execução da primeira etapa da sequência didática, a **avaliação diagnóstica**. Nesse contexto, o cenário atual oferece uma oportunidade propícia para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que atendam às necessidades específicas desse público, visando promover uma aprendizagem mais eficaz e significativa.

5.3.1 Questionário prévio

Com a finalidade de avaliar os conhecimentos prévios, os estudantes foram solicitados a preencher um questionário estruturado, utilizado como instrumento de coleta de dados (Apêndice B). As respostas obtidas foram empregadas para avaliar o nível de familiaridade dos alunos com o conteúdo que seria abordado na atividade experimental. Essa etapa foi realizada durante o primeiro encontro. A Figura 4 ilustra os alunos respondendo ao questionário prévio.

Figura 4 – Avaliação diagnóstica (questionário prévio)



Fonte: Próprio autor (2024)

5.3.2 Apresentação do conteúdo

Nesta etapa foi apresentado o conteúdo inerente a sequência didática proposta, mas especificamente as leis da reflexão e refração da luz. A apresentação do conteúdo ocorreu através de uma aula expositiva conduzida pelo professor, em que utilizou Datashow para sua ministração e exposição de videoaulas de curta duração. A Figura 5 exemplifica a participação dos alunos em uma das aulas ministradas.

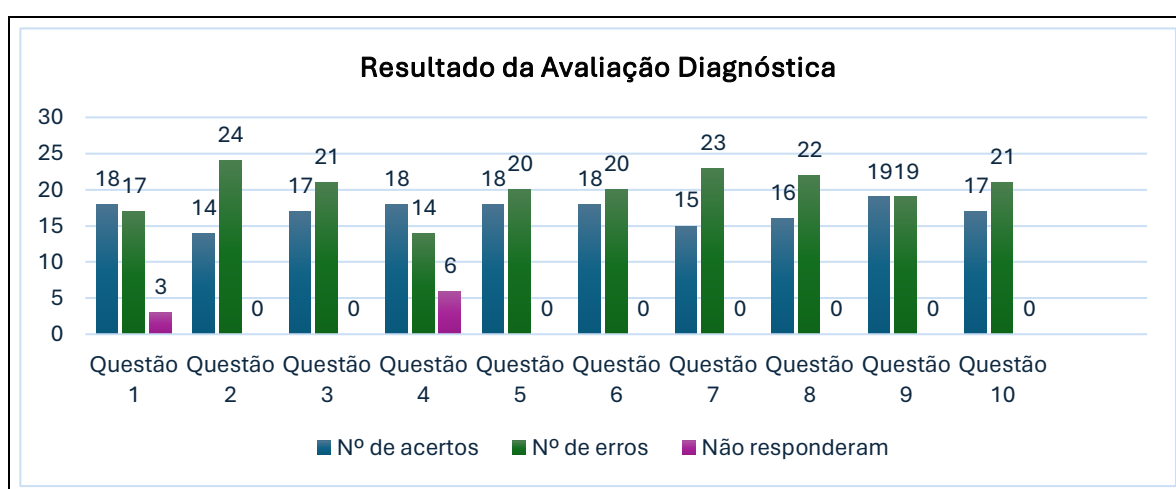
Figura 5 – Exposição do conteúdo proposto



Fonte: Próprio autor (2024)

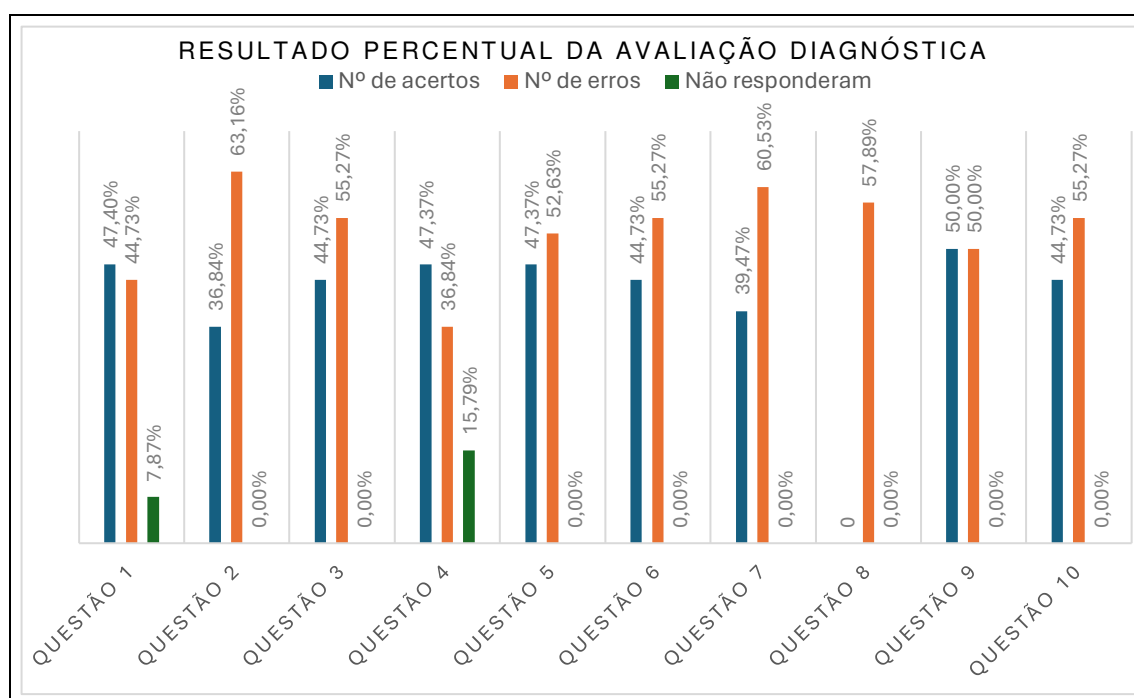
Essa etapa sucedeu diretamente a aplicação do questionário prévio, totalizando duas horas-aula de 50 minutos cada. Para avaliar a compreensão conceitual dos alunos em relação ao conteúdo proposto na sequência didática, elaborou-se uma atividade avaliativa, identificada como apêndice C. A referida atividade consistiu em 10 questões, sendo 8 objetivas de múltipla escolha e 2 subjetivas. As Figura 6 e 7 mostram as informações dos acertos da quantidade de alunos por questão e seu percentual, respectivamente.

Figura 6 – Nível de compreensão conceitual sobre os conceitos de reflexão e refração da luz



Fonte: Próprio autor (2024).

Figura 7 – Resultado percentual por questão da aplicação da avaliação diagnóstica



Fonte: Próprio autor (2024).

Ao analisar os resultados após a aplicação da avaliação diagnóstica, foi possível quantificar o total de acertos, erros e identificar a quantidade de alunos que não responderam algumas questões. Notavelmente, em termos percentuais, destaca-se um número significativo de acertos entre os participantes da pesquisa.

5.3.3 Compilação dos experimentos

Na terceira etapa da sequência didática, os estudantes foram organizados em três grupos com o objetivo de realizar experimentos relacionados ao objeto de estudo proposto. A escolha dos experimentos baseou-se em experiências disponíveis na plataforma YouTube¹, as quais abordavam a formação de imagens na ótica geométrica. Essa fase foi subdividida em duas partes distintas: a seleção e execução dos experimentos, seguida pela apresentação dos resultados. A exposição dos experimentos pelos grupos ocorreu durante o quarto encontro.

Os experimentos foram cuidadosamente selecionados para serem reproduzidos com materiais facilmente adquiridos e manipulados. As temáticas escolhidas incluíram a formação de imagens por um conjunto de espelhos planos, a formação de imagens em meios diferentes e a formação de imagens devido à passagem da luz por uma fenda, conforme mostra a sequência de imagens da Figura 8.

¹ <https://youtu.be/SX3wWfejPiE>. Acesso em: 15/01/2024
<https://youtu.be/mYiyYLO1CE>. Acesso em: 15/01/2024
<https://youtu.be/sdEWuV6pt9E>. Acesso em: 15/01/2024

Figura 8 – Ilustração do experimentos realizados em sala de aula.



Fonte: <https://youtu.be/SX3wWfejPiE>. <https://youtu.be/mYiyYLO1CE>.
<https://youtu.be/sdEWuV6pt9E>.

Essa abordagem, inspirada por experimentos já disponíveis online, permitiu que os estudantes não apenas visualizassem os conceitos teóricos, mas também os aplicassem de maneira prática. A escolha de experimentos acessíveis facilitou a participação ativa dos alunos e promoveu uma compreensão mais tangível dos fenômenos óticos estudados. A exposição dos experimentos durante o quarto

encontro proporcionou uma oportunidade para discussões aprofundadas, troca de ideias entre os grupos e uma consolidação coletiva do aprendizado prático.

5.3.4 Minifeira de ciências

Os experimentos elaborados pelos grupos de estudantes foram organizados em um espaço físico designado para exposição e subsequente discussão sobre o fenômeno relacionado à propagação da luz, abordando especificamente os temas de reflexão e refração.

A exposição ocorreu durante uma minifeira realizada na sala de aula, na qual foram instalados três estandes, cada um contendo um experimento específico. Cada grupo teve a oportunidade de apresentar seu experimento para alunos convidados de outras salas, bem como para os demais membros da própria turma que não participaram diretamente dos grupos.

A figura 8 ilustra quatro alunos de um dos grupos conduzindo a apresentação do experimento durante a minifeira. Essa abordagem proporcionou uma atmosfera de compartilhamento de conhecimento, possibilitando a interação entre os estudantes e a ampliação das discussões sobre os fenômenos óticos observados.

Figura 9 – Exposição do experimento sobre reflexão da luz



Fonte: Próprio autor (2024).

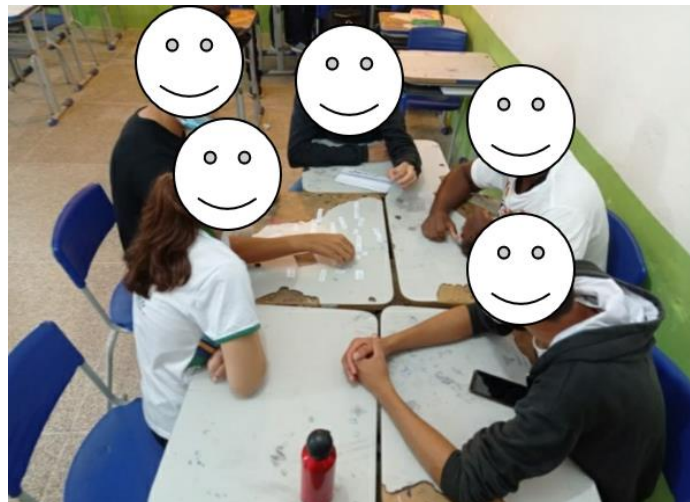
Todos os experimentos, citados anteriormente, foram realizados nas dependências da própria escola, no turno noturno durante as aulas de Física e nos intervalos. Momentos nos quais os alunos se reuniam, cada um no seu respectivo

grupo, de posse do material necessário a confecção do experimento a ser apresentado na minifeira.

5.3.5 Debate e questionário pós teste

Na etapa final da sequência didática, os grupos participaram de uma discussão mediada pelo professor, na qual cada representante apresentou e discutiu os principais conceitos abordados em seus experimentos. Durante essa conversação, o professor desempenhou o papel de facilitador, intervindo conforme necessário e propondo perguntas norteadoras para estimular a reflexão dos estudantes. Essa fase teve uma duração prevista de 50 minutos, e a Figura 10 ilustra a participação ativa dos representantes dos grupos.

Figura 10 – Debate entre os representantes de cada grupo



Fonte: Próprio autor (2024).

Imediatamente após essa discussão, os alunos foram submetidos a um pós-teste, conforme descrito no Apêndice C. Este questionário consistiu em 10 questões objetivas e desempenhou um papel crucial na validação da eficácia da proposta como um mecanismo de verificação da aprendizagem. A aplicação do pós-teste demandou 50 minutos, e seu propósito foi avaliar a assimilação dos conceitos pelos estudantes após a realização dos experimentos e das atividades da sequência didática.

Figura 11 – Verificação de aprendizagem através do questionário pós-teste



Fonte: Próprio autor (2024).

Com base na análise da Tabela 1 e na Figura 11, que detalham as notas dos alunos e seus percentuais, considerando a média aprovativa de 6,0 (seis), conclui-se que no pré-teste apenas 26,32% obtiveram sucesso. No entanto, no pós-teste, após a implementação completa da sequência didática, observou-se que 73,68% dos alunos avaliados alcançaram uma nota aprovativa. Diante desses resultados, podemos avaliar a Sequência Didática como um recurso educacional de excelência no contexto da educação básica para EJA.

Tabela 1 - Resultados do pré-teste e pós-teste

Notas	Nº de alunos pré-teste	Porcentagem de acertos pré-teste	Nº de alunos pós-teste	Porcentagem de acertos pós-teste
0,0	0	0%	0	0%
1,0	3	7,89%	0	0%
2,0	6	15,79%	0	0%
3,0	1	2,64%	1	2,64%
4,0	8	21,05%	2	5,26%
5,0	6	15,79%	4	10,53%
6,0	8	21,05%	10	26,32%
7,0	4	10,53%	9	23,68%
8,0	2	0%	8	21,05%
9,0	0	0%	2	5,26%
10,0	0	0%	2	5,26%

TOTAL	38	100%	38	100%
-------	----	------	----	------

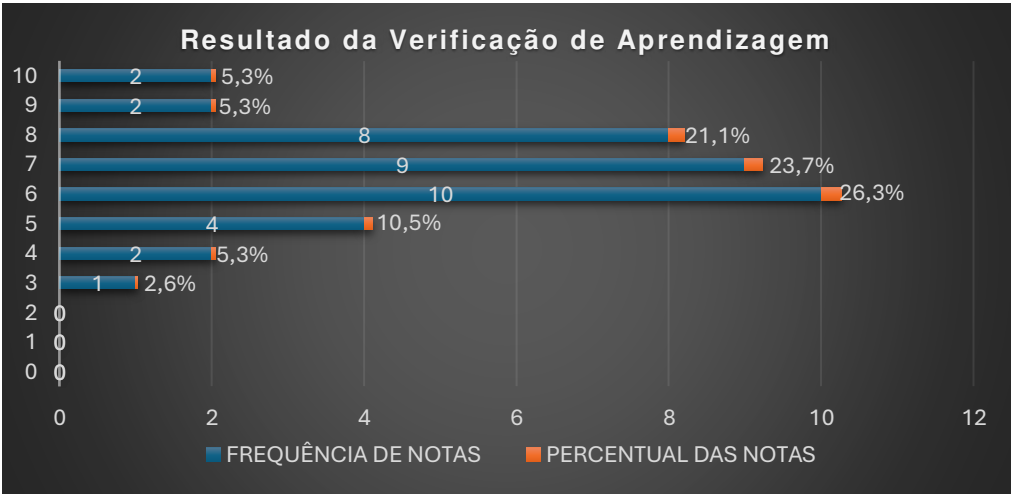
Fonte: Próprio autor (2024).

A tabela acima é um comparativo entre os dois momentos em que os 38 alunos foram avaliados. Primeiramente foi realizado a avaliação diagnóstica, na qual apenas 14 alunos obtiveram nota aprovativa. Depois de aplicada a sequência didática, a quantidade dos alunos que alcançaram nota para aprovação aumentou consideravelmente para 31 alunos.

Pode se observar que na avaliação diagnóstica nenhum aluno alcançou as notas 9,0 e 10,00. Já na avaliação de verificação da aprendizagem dois alunos atingiram nota 9,0 e dois alunos atingiram nota 10. Da mesma forma dá pra observar que no pré-teste nove alunos obtiveram nota menor que 3,0, enquanto no pós-teste nenhum aluno obteve nota menor que 3,0.

Os dados percentuais estão representados na figura 11.

Figura 12 – Acertos percentuais do questionário pós-teste



Fonte: Próprio autor (2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investiga o ensino de Física no ensino médio, especialmente na Educação de Jovens e Adultos (EJA), sob a perspectiva da práxis pedagógica dos professores. Fundamentada nas abordagens educacionais de Paulo Freire e Demétrio Delizoicov, busca-se compreender as intenções e ações dos professores para além da transmissão de conteúdos, visando promover uma cultura científica efetiva nos alunos. Os objetivos incluem explorar a falta de professores qualificados, apresentar uma abordagem mais contextualizada e próxima do cotidiano dos alunos e desenvolver uma sequência didática que contribua para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos das leis da reflexão e refração da luz. O estudo foi realizado com 38 alunos da EJA em parceria com uma escola localizada na cidade de Guadalupe – PI, visando superar desafios no ensino de Ciências e promover uma educação mais inclusiva e participativa.

A implementação da sequência didática baseada nos princípios da educação emancipadora de Paulo Freire demonstrou ser uma estratégia promissora para o ensino de Ótica Geométrica no contexto da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ao longo deste estudo, buscamos não apenas transmitir conhecimentos específicos, mas também promover uma aprendizagem significativa e relevante para o desenvolvimento acadêmico dos educandos no ensino médio e, prospectivamente, no ensino superior.

A aplicação prática da sequência didática envolveu diferentes etapas, desde a introdução do conteúdo até a realização de experimentos pelos próprios alunos, culminando em uma minifeira de ciências. A participação ativa dos estudantes na produção e exposição dos experimentos promoveu uma maior internalização dos conceitos, além de estimular a reflexão e a troca de conhecimentos entre os participantes.

A proposta pedagógica adotada não se restringiu apenas à assimilação de conceitos físicos, mas almejou, acima de tudo, fomentar a construção de uma cultura de socialização do conhecimento. Através do compartilhamento de ideias, a exposição de pontos de vista e a superação conjunta de dificuldades, os jovens e adultos envolvidos nesse processo foram incentivados a desenvolver habilidades humanas e sociais que transcendem o âmbito acadêmico.

Deseja-se que a metodologia aplicada não se limite ao contexto específico deste estudo, mas que inspire outros professores a adotarem abordagens semelhantes em diversas áreas do conhecimento. A produção de um material didático derivado dessa experiência visa servir como suporte pedagógico, possibilitando que colegas de outras disciplinas e áreas de ensino explorem estratégias inovadoras para atingir seus objetivos socioeducacionais.

Além disso, acredita-se que os resultados obtidos e as lições aprendidas ao longo dessa dissertação possam contribuir para discussões mais amplas sobre a eficácia de práticas pedagógicas inovadoras, especialmente aquelas que visam atender às necessidades específicas de alunos da Educação de Jovens e Adultos. A busca por métodos que promovam a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento e que levem em consideração suas experiências de vida continua sendo um desafio crucial na promoção de uma educação mais inclusiva.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. **Física, Vol. 2** (Scipione, São Paulo, 2013).
- ASTOLFI, J. P., **El “error”, un medio para enseñar**. Diada Editora S. I. Sevilla, 1999.
- AXT, Rolando. Conceitos intuitivos em questões objetivas aplicadas no concurso vestibular unificado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 444-452, 1986. BRASIL. Ministério da Educação.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. MEC. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB/DICEI, 2013.
- BRASIL. MEC. Edital de Convocação 4/2015-CGPLI. **Processo de Inscrição e Avaliação de Obras Didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2018**. Brasília: MEC, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF, 2008.
- CHALMERS, A. F., **O que é ciência afinal?** Tradução Raul Filker, editora brasiliense, 1993.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A.; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 3.ed. São Paulo: paz e Terra: 2008.
- FREITAS, M. T. de A. **As apropriações do pensamento de Vygotsky no Brasil: um tema em debate**. In: *Psicologia da Educação. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Psicologia da Educação*. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, n.10/11: 9-28.
- GASPAR, A. e MONTEIRO, I C. C., **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- GASPAR, A. **Física, Vol. 2** (Editora Ática, São Paulo, 2013).
- GATTI, B. A. **Formação de professores: condições e problemas atuais**. *Revista Brasileira de Formação de Professores*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 90-102, mai. 2009.
- HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. Tradução de Francisca Maria Rodrigues. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- JESUS, V.L.B. e SASAKI, D.G.G., **Revista Brasileira de Ensino de Física** 35, 1506 (2013).
- KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de**

ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, p. 212- 217, 2008.

LERNER, D. **Ler e escrever na escola: O real, o possível e o necessário.** Tradução Ernani Rosa. – Dados eletrônicos, -Porto Alegre: Armed, 2007.

LOPES, M. C. **Políticas de inclusão e governamentalidade.** São Paulo, v. 34 n. 2, 2009.

MOREIRA, M. A. **Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOURA, T. M. de M. **A prática pedagógica dos alfabetizadores de Jovens e Adultos: contribuições de Freire, Ferreiro e Vygotsky.** – Maceió; EDUFAL, 1999.

OLIVEIRA, J. M. de. **Ensino de Física: A Modelagem Matemática como Estratégia Pedagógica.** Livraria da Física, 2017.

OSBORNE, J., & BLACK, P. Entendendo o ensino de Ciências: Como as concepções dos professores influenciam o ensino e a aprendizagem na sala de aula. Tradução de Maria Lucia Guimarães Filipouski. Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993.

PCN+Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza Matemática e suas Tecnologias: Física. Brasília: MEC, 2002b.

PINTO, A. L. G; PARK, M. B. **Ética e história oral: subsídios para um trabalho com populações em situação de risco.** In: SIMSON, O. R. M. V; PARK, M. B; FERNANDES, R. S. **Educação não-formal: cenários da criação.** Campinas: Editora da Unicamp, 2001.

QUIRINO, W.G e LAVARDA, F.C., **Comunicações: Projeto "Experimentos de física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia".** São Paulo, v.18 n.1, 2001.

SALVETTI, A.R. **A história da luz.** 2. ed. Ver.-São Paulo: Livraria da Física, 2008.

Secretaria de Estado da Educação do Maranhão-SEDUC, **Diretrizes Curriculares,** 3. ed. São Luís, 2014

SILVA, M. G. L.; NÚÑEZ, Isauro B. Concepções alternativas dos estudantes. Natal: SEDIS/ UFRN, 2007. TAVARES, M. M. **Educação inclusiva: outros caminhos.** Rio de Janeiro: Dunya, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ensino de física: reflexões.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 311-312, set. 2005.

TIPLER, P. e MOSCA, G. **Física Volume 3,** Capítulos 31 a 33.

VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo. Editora Martins Fontes, 2009.

VILANOVA, R.; MARTINS, I. **Ciência & Educação: Motivações e objetivos. Nas últimas décadas, a educação de jovens e adultos.** São Paulo, v. 14, n. 2, p. 331-346, 2008.

Wikipédia. **Lev Vygotsky.** Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lev_Vygotsky. Acesso em: 24/03/2012.

Apêndice A: Termo de consentimento

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, a UNIDADE ESCOLAR CARLOS FRANCO, ciente dos procedimentos propostos, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância quanto à realização do trabalho sobre “**O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS:** Uma sequência didática de ensino fundamentada na Teoria de Aprendizagem de Vygotsky”, elaborado pelo Professor José Ribamar de Sousa. Fica claro que a instituição, através de seu representante legal, pode, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo do trabalho, caso haja alguma divergência dos objetivos ou finalidade do projeto ora apresentado, ficando ciente que todo trabalho realizado se torna informação confidencial, guardada por força do sigilo profissional.

Por ser a expressão da verdade, assino o presente para que possa surtir os efeitos legais desejados.

Assinatura e carimbo do representante da instituição

Apêndice B – Perfil dos alunos

Assunto: Questionário acerca do ensino da Física

Dentre as afirmativas abaixo qual aquela em que você se enquadra?

- () Consigo compreender bem as aulas de Física
- () Tenho dificuldades em compreender as aulas de Física
- () Não tenho interesse pelos conteúdos ministrados em Física
- () Não domino os conteúdos da Física
- () Não compreendo as explicações do professor
- () Tenho dificuldades com as operações matemáticas

Apêndice C: Avaliação Diagnóstica

Assunto: As leis da reflexão e refração da luz

01. O que você entende por luz?

02. Sem a presença da luz é possível ver os objetos?

() sim () não

03. Por que você se vê num espelho?

() porque a luz é refletida () porque a luz é refratada
() porque a luz é absorvida () porque a luz é dispersada

04. Todo objeto é refletor?

05. Se o Sol morresse por 24hs e você olhasse para o céu o que você enxergaria?

() O próprio Sol () A lua
() As estrelas () Os planetas

06. Como conseguimos ver os objetos que não têm luz própria?

() através do seu brilho () através da sua cor
() através da reflexão da luz () através da sua temperatura

07. Numa sala totalmente escura qual dos corpos você conseguiria ver?

() Um espelho () Um gato preto
() Um interruptor () um ferro aquecido ao rubro

08. Suponha que não houvesse atmosfera na Terra. Nesse caso, é correto afirmar que veríamos:

() O Sol se pôr mais cedo () O Sol nascer mais cedo
() O Sol nascer e se pôr no mesmo instante () O Sol nascer e se pôr mais tarde

09. Considere a luz se propagando no ar atmosférico e em seguida passa a se propagar na água do mar. Sobre a velocidade da luz podemos afirmar que:

() No ar é maior que na água () No ar é menor que na água
() No ar é a mesma que na água () No ar é a metade que na água

10. Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe. Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz:

- () refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água
- () emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- () emitidos pelos olhos do índio são espalhados pela superfície da água
- () refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

Link de aceso ao pré-teste: <https://forms.gle/txHHnCAsAyTfD3rB6>

Apêndice D: Verificação da aprendizagem

Assunto: As leis da reflexão e refração da luz

01. A definição mais adequada para luz é:

- ☐ ausência de escuridão
- ☐ um elemento que serve para clarear
- ☐ o brilho emitido pelos objetos
- ☐ onda visível ao olho humano

02. Dos corpos abaixo todos são corpos luminosos, exceto:

- ☐ A lâmpada acesa
- ☐ As estrelas
- ☐ A chama da vela
- ☐ O fósforo

03. A respeito dos meios ópticos, qual das afirmações abaixo está correta:

- ☐ A água é sempre um meio transparente.
- ☐ A neblina é um meio opaco.
- ☐ O vidro é um meio translúcido.
- ☐ O ar puro é um meio transparente.

04. Quando a luz incide sobre uma superfície e retorna para o mesmo meio de onde foi originada temos o fenômeno físico da:

- ☐ refração da luz
- ☐ reflexão da luz
- ☐ absorção da luz
- ☐ dispersão da luz

05. A cerca do fenômeno físico da refração da luz, podemos afirmar que as grandezas referentes à propagação da luz que sofrem alteração das suas características iniciais, ao mudar de meio, são:

- ☐ comprimento da onda e velocidade da luz.
- ☐ frequência e comprimento da onda da luz
- ☐ período e frequência da luz
- ☐ velocidade e frequência da luz

06. Durante o fenômeno da refração da luz, a capacidade de reduzir a velocidade da luz ao passar de um meio para outro chama-se:

- ☐ dispersão da luz
- ☐ refração da luz
- ☐ absorção da luz
- ☐ desvio angular

07. Segundo a primeira lei da reflexão da luz o raio incidente, a reta normal e o raio refletido são:

- ☐ perpendiculares
- ☐ coplanares
- ☐ paralelas
- ☐ concorrentes

08. A relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz em outro meio qualquer chama-se:

- ☐ índice de refração relativo
- ☐ índice de refração absoluto
- ☐ desvio angular da luz
- ☐ comprimento de onda da luz

09. O ângulo de incidência da luz sobre uma superfície mede 47° . Podemos afirmar que o ângulo formado entre a superfície e o raio refletido mede:

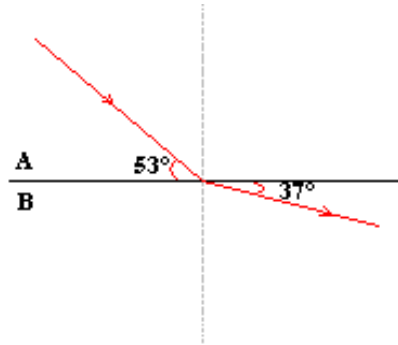
() 53°

() 47°

() 43°

() 33°

10. Na figura, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração $n_A=2$. Com base nessas informações, determine o índice de refração do meio B. Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$ e $\sin 53^\circ = 0,80$



Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:

() 0,5

() 1,0

() 1,5

() 2,0

Apêndice E – Produto Educacional

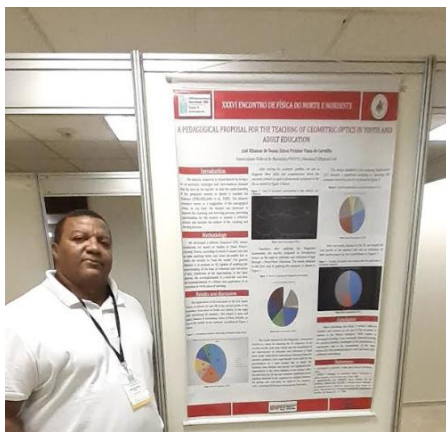


LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ
Uma sequência didática de ensino
fundamentada na teoria de aprendizagem de
Paulo Freire



Ribamar Sousa
Edson de Carvalho

Sobre os autores



Ribamar Sousa possui Especialização em Matemática pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), Especialização em Informática pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Licenciatura em Física e em Matemática pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e é Mestrando em Ensino de Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é professor de Física das redes estaduais de ensino do Maranhão e do Piauí.

Edson de Carvalho possui graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e em Engenharia Industrial Elétrica pelo Centro Federal Tecnológico do Maranhão atual Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Mestrado em Física da Matéria Condensada pela UFMA e Doutorado em Física Atômica e Molecular pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Atualmente é professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional da UFMA e coordenador do Curso de Licenciatura em Física na



© Ribamar Sousa e Edson de Carvalho – 2024.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

APRESENTAÇÃO

Ao focar especificamente nos conceitos de ótica geométrica, esta obra propõe e implementa uma sequência didática meticulosamente elaborada. Nosso objetivo é engajar os estudantes, proporcionando uma aprendizagem significativa que vá além dos limites tradicionais do ensino.

Dividida em diversas etapas, desde a problematização inicial até a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, a sequência didática destaca a experimentação como elemento central. Este enfoque permite que os estudantes desempenhem um papel ativo na construção do conhecimento, promovendo um ambiente de aprendizado participativo e envolvente.

Além disso, nossa pesquisa abrange a análise de questionários prévios, a execução de experimentos e a realização de uma minifeira de ciências. Esses elementos proporcionam uma visão abrangente da eficácia de nossa abordagem inovadora.

Este material educacional foi desenvolvido em colaboração com alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA), e os resultados evidenciam que a metodologia proposta foi entusiasticamente acolhida, culminando em uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos óticos. A abordagem colaborativa e dialogada estimulou a partilha de conhecimentos, fomentando a construção coletiva do saber e o desenvolvimento de habilidades sociais e culturais. Acreditamos que este recurso educativo desempenhará um papel significativo na promoção de uma educação mais inclusiva e transformadora, influenciando não apenas mentes, mas também sociedades.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	ÓTICA GEOMÉTRICA	7
2.1	Demonstrações das leis da reflexão e refração da luz	7
3	A PEDAGOGIA DE PAULO FREIRE APLICADA AO ENSINO DA ÓTICA GEOMÉTRICA	11
3.1	A Física na Educação de Jovens e Adultos	11
3.2	A experimentação problematizadora para o ensino de Física	12
4	RECURSO EDUCACIONAL	18
4.1	O contexto do estudo	18
4.1.1	Os participantes da pesquisa	19
4.2	Metodologia da pesquisa	20
4.3	A sequência didática	21
4	A APLICAÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL	23
5	CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	24
	REFERÊNCIAS	25
	Apêndice A: Termo de consentimento	26
	Apêndice B: Avaliação Diagnóstica	27
	Apêndice C: Verificação da aprendizagem	29

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma área do conhecimento científico que está intimamente relacionada com o cotidiano das pessoas e que geralmente desperta curiosidade de estudantes, porém vários estudos têm apontado um desinteresse do alunado do Ensino Médio em relação à disciplina Física (QUIRINO e LAVARDA, 2001; BARROS e HOUSOME, 2008; PEREIRA *et al.*, 2009).

Para despertar o real interesse de todos os alunos, especialmente nas aulas de Física, é crucial que a condução das aulas seja agradável e que os estudantes possuam uma verdadeira compreensão do que será ensinado. Uma abordagem eficaz para alcançar esse objetivo é a utilização da Sequência Didática como recurso educacional. Essa abordagem caracteriza-se por ser um conjunto planejado de atividades, estratégias e intervenções, organizadas passo a passo pelo educador, visando que os alunos alcancem uma compreensão plena do conteúdo ou tema proposto (KOBASHIGAWA *et al.*, 2008).

No caso específico desta Sequência Didática, seus fundamentos estão baseados nos estudos na Teoria da Aprendizagem de Paulo Freire a serem aplicados em turmas de Educação de Jovens e Adultos.

A Sequência Didática proposta para este nível de ensino abordará os fundamentos da Ótica Geométrica, a qual é responsável pelo estudo de vários conceitos físicos, entre eles a formação de sombra, penumbra e eclipse; a reflexão e a refração da luz, bem como a formação da imagem em espelhos, nas lentes e nos instrumentos ópticos.

Objetivando alcançar as metas propostas neste trabalho, a sequência didática está dividida em cinco etapas distribuídas em quatro encontros presenciais. Durante sua aplicação busca-se avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, ministrar aulas expositivas sobre os temas abordados, produzir uma minifeira de ciências para exposição de experimentos que envolvam as leis da reflexão e refração da luz, intermediar um debate sobre o que foi assimilado na feira de ciências e, finalmente avaliar todo o trabalho realizado através de um pós-teste com todos os envolvidos neste processo de ensino-aprendizagem.

2 ÓTICA GEOMÉTRICA

2.1 Demonstrações das leis da reflexão e refração da luz

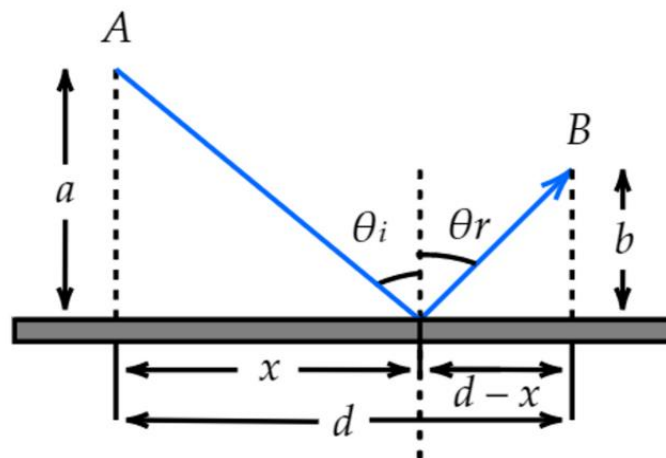
A luz pode ser entendida tanto como partícula (fótons) quanto como onda eletromagnética. Quando considerada como onda eletromagnética, é essencial, para uma compreensão mais aprofundada, orientar seu estudo pelo chamado Princípio de Fermat. Este princípio, também conhecido como princípio do tempo mínimo, foi formulado pelo cientista Pierre de Fermat e estabelece que a luz sempre busca o caminho que levará menos tempo para percorrer uma trajetória retilínea de um ponto a outro em um mesmo meio homogêneo. A partir dessa ideia, foram desenvolvidas outras leis e princípios cruciais para o estudo dos raios de luz.

Uma das leis regidas pelo Princípio de Fermat é a lei da reflexão da luz. A reflexão da luz é um fenômeno óptico e ondulatório (pois todas as ondas podem sofrer reflexão) que consiste na alteração da direção de propagação do raio de luz após incidir em uma superfície refletora. Por meio desse fenômeno, os seres humanos conseguem enxergar objetos que não emitem luz própria, já que a luz incide neles, reflete-se até nossos olhos e forma a imagem que percebemos. A explicação desse fenômeno ocorre em nível microscópico, devido aos átomos que não conseguem absorver determinados comprimentos de onda da luz, refletindo-os de volta para o meio externo.

A reflexão da luz ocorre de duas formas: regular e difusa. Na reflexão regular, a luz incide em uma superfície capaz de produzir imagens com muita clareza, como um espelho. Conforme a Lei da Reflexão, os ângulos de incidência e reflexão, em relação à reta normal à superfície do raio de luz, são iguais e estão contidos no mesmo plano. Já na reflexão difusa, a luz incide e reflete com ângulos completamente diferentes, resultando na impossibilidade de observar imagens perfeitas no processo. Esse tipo de reflexão ocorre geralmente em superfícies ásperas e com muitas imperfeições.

A demonstração da lei da reflexão pode ser visualizada no esquema representado na Figura 1.

Figura 1 - Representação da reflexão de um raio de luz do ponto A para um ponto B



Fonte: Universo Narrado, Lições de Física-Felipe Guisoli

Na Figura 1 observa-se que há dois triângulos retângulos, e é possível calcular o valor de suas hipotenusas a partir do Teorema de Pitágoras, encontrando os seguintes valores:

Para o triângulo de altura a temos que

$$h_i = \sqrt{a^2 + x^2}. \quad (1)$$

No caso do triângulo de altura b , a hipotenusa é dada por

$$h_r = \sqrt{b^2 + (d - x)^2}, \quad (2)$$

em que os índices i e r indicam incidência e reflexão, respectivamente.

Com base nesses valores, que representam as distâncias percorridas por cada raio de luz, é razoável calcular o tempo total necessário para que o raio de luz se desloque do ponto A para o ponto B. De acordo com o Princípio de Fermat, esse tempo deve ser o mínimo possível, e, portanto, esses valores devem ser utilizados nos cálculos. Como não ocorre mudança de meio durante o processo, a velocidade do raio de luz permanece constante. Assim, procedemos ao cálculo do tempo total para o percurso completo com base nas equações do movimento retilíneo uniforme.

Para o raio incidente o tempo é determinado a partir da expressão

$$t_i = \frac{h_i}{v} = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v} \quad (3)$$

No caso do raio refletido o tempo é determinado pela expressão

$$t_r = \frac{h_r}{v} = \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v} \quad (4)$$

Somando esses dois tempos para encontrar o tempo total gasto pelo raio de luz para sair de A e atingir B:

$$t = t_i + t_r \quad (5)$$

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v}, \quad (6)$$

tal que

$$t = \frac{1}{v} \left(\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2} \right). \quad (7)$$

Para encontrar o tempo total gasto no movimento, deve-se minimizar esse valor a fim de respeitar o Princípio de Fermat. O método matemático utilizado para isso consiste em igualar a derivada da função (dt/dx) a zero, que a taxa de variação instantânea da função. Portanto,

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{1}{v} \left(\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2} \right) \right] = 0 \quad (8)$$

ou ainda

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} = 0 \quad (9)$$

que pode ser reescrita como sendo

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (10)$$

Ao verificarmos a Figura 1 podemos concluir que

$$\text{sen}\theta_i = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} \quad (11)$$

e

$$\text{sen}\theta_r = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}. \quad (12)$$

Finalmente, considerando que ambos os ângulos são agudos (entre 0 e 90°) ou no máximo ângulos retos (90°), então pode se concluir que eles são iguais, comprovando a lei da reflexão da luz, isto é,

$$\theta_i = \theta_r. \quad (13)$$

Ao utilizarmos ainda a Figura 1 quanto da demonstração da lei da reflexão e respeitando o princípio de Fermat, pode-se afirmar que a Eq. (2) torna-se

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v_i} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{v_r} \right] = 0, \quad (14)$$

o que resulta em

$$\frac{1}{v_i} \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{1}{v_r} \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (15)$$

Portanto, a partir das equações (11) e (12), verifica-se que a Eq. (10) é reescrita como

$$\frac{1}{v_i} \text{sen}\theta_i = \frac{1}{v_r} \text{sen}\theta_r.$$

Como o índice de refração (n) é uma medida da quantidade pela qual a velocidade da luz é reduzida ao passar por um meio. Quanto maior o índice de refração, maior a redução na velocidade da luz, tal que

$$n = \frac{c}{v} \quad (16)$$

relaciona a velocidade da luz no vácuo à velocidade da luz no meio material, fornecendo uma medida quantitativa dessa redução. Conclui-se, portanto, que

$$n_i \text{sen}\theta_i = n_r \text{sen}\theta_r, \quad (17)$$

que é a lei de Snell, que relaciona os ângulos de incidência e refração com os índices de refração dos meios envolvidos. Essa lei é fundamental na óptica e é usada para prever como a luz se propagará e mudará de direção ao atravessar diferentes meios com diferentes propriedades.

3 A PEDAGOGIA DE PAULO FREIRE APLICADA AO ENSINO DA ÓTICA GEOMÉTRICA

3.1 A Física na Educação de Jovens e Adultos

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) estabeleceram que o ensino de Física deverá ser desenvolvido adequando-o à realidade da escola. Assim como está claro nos PCNEM a intenção de se possibilitar um significado aos conteúdos de Física, relacionando-os ao cotidiano do aluno. Não se deve tratar, portanto, de elaborar novas lista de tópicos com abordagens conteudistas, mas, sobretudo propiciar ao ensino de Física novas dimensões, que possam promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem.

Segundo o parecer 11 do Conselho de Educação Básica – CEB (apud SOARES, 2002), no documento que regulamenta as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), aprovado em 10/05/2000, a EJA é caracterizada por apresentar as funções reparadora, equalizadora e qualificadora. É reparadora pelo fato de reparar e restaurar o direito à educação que todo cidadão possui, independentemente da idade ou da condição social; garantido esse direito, chega-se a função equalizadora, a qual objetiva uma redistribuição de igualdade de oportunidades, pois este processo deve propiciar ao educando novas inserções no mercado de trabalho. E finalmente, é função qualificadora porque tem o objetivo de capacitar o aluno, por seu retorno à escola, aumentando suas oportunidades de inserção no mercado de trabalho e auxiliando positivamente na sua autoestima.

O ensino de Física na EJA requer estratégias diferenciadas das que são adotadas no ensino regular, pois além das características que são peculiares aos estudantes dessa modalidade, dispõe de um período muito reduzido, somando-se a isto a necessidade de revisar conhecimentos básicos do ensino fundamental.

O fracasso dos alunos com a disciplina de Física está geralmente associado, tanto no nível médio quanto no superior, mas principalmente na educação de jovens e adultos, às deficiências dos conhecimentos matemáticos básicos necessários à compreensão de determinados conteúdos, e acredita-se que somente de posse de uma boa bagagem matemática seria suficiente para modificar este cenário. Nessa

perspectiva, a Matemática se mostra apenas como um instrumento ferramental, sendo um aspecto “externo” que deve ser adquirido para ser incorporado na compreensão da Física. Contudo, uma consequência desta visão pode implicar no desinteresse de estudantes pela Física pelo simples fato de não compreenderem a relevância da Matemática em seu aprendizado e desta forma, deve-se procurar maneiras de evidenciar o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem da Física, como, por exemplo, no que diz respeito à compreensão dos fenômenos físicos matematicamente, trabalhando-se a perspectiva da concepção da linguagem como instrumento do pensamento (Pietrocola, 2002).

Ao analisar isoladamente tais disciplinas, principalmente no ensino de Física, observa-se apresentação de conceitos, leis e fórmulas sem nenhuma articulação com o mundo vivido pelos alunos e professores e, dessa forma, meramente desprovidos de significação. Destaca-se ainda a insistência em exercícios repetitivos, com o objetivo de que o aprendizado seja processado pela memorização, automatização, e não pela construção do conhecimento associada à assimilação das competências adquiridas. Desta forma fica evidenciado uma deformação estrutural que vem gradualmente sendo introduzida pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural (Brasil, 2002).

Diante de tudo isso, faz-se necessário trazer novas discussões quanto ao ensino da Física, objetivando possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada e significativa. Não é uma questão de elaborar novas listas e tópicos de conteúdos programáticos, mas dar ao ensino de Física novas dimensões imprescindíveis ao mundo vivencial dos alunos, as realidades próximas ou distantes dos sujeitos, os objetos e fenômenos com os quais efetivamente lidam no cotidiano e com os problemas e indagações que movem a curiosidade deles.

3.2 A experimentação problematizadora para o ensino de Física

Importantíssimo mostrar o uso da física experimental como grande aliada no ensino aprendizagem do aluno, para que se possa evidenciar a importância dos experimentos para o desenvolvimento intelectual, bem como demonstrar os novos apoios pedagógicos que o docente de física pode obter a partir do uso de experimentos em prática educacional.

Gaspar e Monteiro (2005) apontam fatores que favorecem a demonstração experimental em sala de aula, como por exemplo: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos; não sendo obrigatória uma sala de laboratório específica; a possibilidade de ser utilizada em conjunto com a apresentação teórica do conteúdo mantendo assim a abordagem conceitual que está sendo trabalhada, e por fim talvez o fator mais importante: a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

Vigotsky (2009) mostra a importância da significação de conceitos. É na interação, mediada pela linguagem que se formam os conceitos do cotidiano, com isso, o aluno deixa de ser um simples receptor e passa a fazer parte do próprio processo de construção dos conceitos que, inclusive, valoriza os conhecimentos do cotidiano, parte deles para a construção de saberes mais sistematizados. Logo, saber física passa a significar o emprego de instrumentos conceituais para dialogar com o mundo em vários níveis, portanto a aprendizagem de conceitos está além da simples memorização do conteúdo estudado, o aluno só passa a adquirir novos significados no processo de aprendizagem quando o professor é capaz de conhecer qual o nível de conhecimento desses discentes e assim conseguir guiá-los para a compreensão de novos significados.

É notório que as experimentações em sala de aula motivam cada vez mais o aluno, deixando abertas as discussões que possam vir a enriquecer cada vez mais sua aprendizagem, pois essa prática visa buscar ideias já existentes na estrutura mental dos alunos fazendo com que estes venham também a serem capazes de relacionar e acessar novos conteúdos, promovendo assim uma aprendizagem significativa.

Para Ausubel aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de „conceito “subsunçor” ou, simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. (MOREIRA, 2009, p. 153).

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o Ensino Médio (2002), as competências em Física

para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos, deixando assim de certa forma a abordagem tradicional, como por exemplo, a memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, e buscando um melhor aproveitamento no ensino com a proposta utilizada, com isso não se trata de ensinar a Física com o simples objetivo de mostrar sua existência, mais sim de despertar no estudante um novo conhecimento provocando assim uma nova forma de pensar e se expressar. Propõe-se também o uso de experimentos de uma forma mais ampla e lúdica possível (afinal brincar sempre vale à pena!), com isso não se busca que o aluno venha redescobrir conceitos, mais sim de proporcionar condições de raciocínio, onde possa expor seu ponto de vista e ousar formular palpites e soluções. Ao conseguir atuar, ou seja, brincar, participar, o aluno se apropriará ludicamente do conhecimento mediado por um dado material, nesse caso o experimento.

O ato experimental proporciona uma visão diferenciada na mente do indivíduo onde busca uma maior proximidade sobre o surgimento da Ciência no mundo, pois é através do método de experimentação que a pessoa encontra um melhor entendimento sobre o fenômeno abordado gerando assim uma satisfatória compreensão do que foi discutido. O ensino de Ótica Geométrica se torna muito vago quando trabalhado apenas de forma teórica e centrada no livro didático, mas quando este é relacionado com a prática, mostra ao aluno o verdadeiro significado de fenômenos simples que ocorre em sua volta. Borges afirma que:

Por considerar que se trata de um método de aprendizagem que permita a mobilização do aprendiz, no lugar da passividade. Acredita que a riqueza das atividades experimentais consiste em proporcionar aos estudantes o manuseio de coisas e objetos num exercício de simbolização ou representação, para se atingir a conexão dos símbolos. (2002, p. 4).

Levando em conta também o uso de experimentos em sala de aula, nota-se que além de ser um procedimento didático de grande importância, é um meio de facilitar o trabalho do docente que através do método científico, facilita a compreensão de conceitos e ensinam habilidades práticas para o discente, que assim passam a verificar

a validade de leis e teorias, e por seguinte deixam suas aulas mais atrativas e com um melhor aproveitamento. Com isso os PCNs+ destacam que:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p.37).

O professor deve iniciar suas atividades de uma forma simples e intrigante para que assim possa despertar a curiosidade e incentivar os alunos a participarem, pois nada adiantará apresentar experimentos em sala de aula feitos somente pelo professor, sem permitir que os alunos tentem realizar também. Para Nunes (2006), o professor é responsável por essa motivação que levará o aluno a não só em querer aprender, mas sim despertar o gosto em fazer ciência, contextualizando e dando sentido ao assunto abordado a partir das experiências, e com isso buscar fazer com que estes possam vir querer manipular o concreto, pelo qual o aluno interage através do tato, da visão e da audição, promovendo assim que o mesmo possa vir guardar aquilo na memória e nunca esquecer o que construiu. Com isso nota-se que o aprendizado se torna eficaz quando se trabalha com materiais simples, acessíveis não só aos professores, mas a todos os estudantes, no entanto, para o ensino de Ótica Geométrica seria interessante o uso de espelhos, fontes de luz (lâmpadas, vela, lanterna), lentes, entre outros, materiais esses encontrados com facilidades por todos. Sobre essa questão, Vigotsky esclarece:

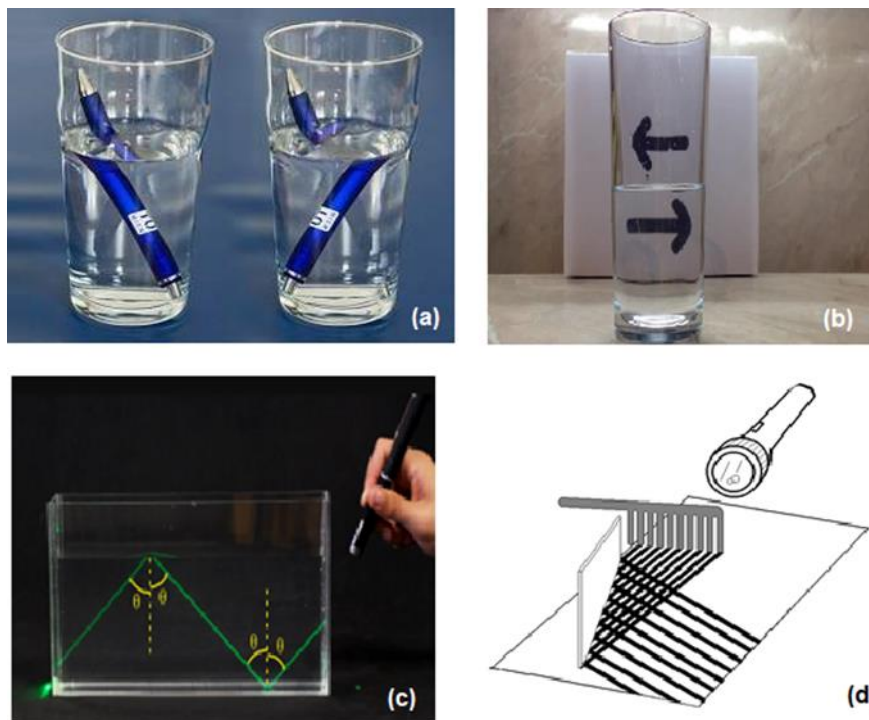
Para que um experimento sirva como meio efetivo para estudar “o curso de desenvolvimento de um processo” ele deve oferecer o máximo de oportunidades para que o sujeito experimental se engaje nas mais variadas atividades que possam ser observadas e não apenas rigidamente controladas. (2007).

Segundo Vigotsky (2007), o educador deve buscar ensinar o pensamento científico, estimular questionamentos acerca de fatos que ocorrem na vida de cada um, fazendo assim das experiências pessoais dos alunos o ponto de partida para o estudo dos fenômenos que serão relacionados. Dessa forma, o experimento constitui um

estímulo à argumentação dos alunos, que se dão quando eles discordam, apoiam e compartilham opiniões, informações e verificações, fazendo que eles passem a estudar a disciplina com mais seriedade e com uma melhor compreensão dos assuntos trabalhados.

A Figura 1 mostra alguns experimentos que demonstram os fenômenos da reflexão e da refração da luz.

Figura 1 – (a) Refração da luz na água. (b) Refração da luz no vidro. (c) Propagação de um feixe descrevendo a trajetória de reflexão da luz. (d) Raios de luz refletidos no espelho.



A experimentação em sala de aula pode ser de dois tipos: investigativa e ilustrativa (DELIZOICOV, 1991; GIORDAN, 1999; FRANCISCO, et al. 2008). A diferença entre elas é que a investigativa é realizada anteriormente à discussão conceitual enquanto a ilustrativa é após. Na perspectiva freiriana a experimentação é tida como problematizadora e deve conduzir os estudantes a pensar criticamente a ponto de não aceitarem o conhecimento simplesmente transferido (FREIRE, 2005). Na experimentação problematizadora o professor não deve fornecer explicações prontas.

A experimentação problematizadora pode ser aplicada em momentos diferentes em uma prática pedagógica, podendo, desta forma, se adequar as concepções de Paulo Freire ao espaço da educação formal. Muenchen e Delizoicov (2014) definem esses momentos em sala de aula da seguinte forma:

- **Problematização Inicial:** apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.
- **Organização do Conhecimento:** momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
- **Aplicação do Conhecimento:** momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

A dinâmica dos três momentos pedagógicos, partindo de uma situação problema, pode dar origem a um tema gerador de estudo, relacionado ao cotidiano do aluno e ajudar a organizar o trabalho em sala de aula. Durante o período letivo, o aluno, ao sistematizar os conhecimentos que possui e relacioná-los com os conteúdos escolares, passa a adquirir competências e habilidades, estabelecendo relações com o mundo do trabalho, e então, será capaz de se relacionar criticamente na sociedade em que vive.

No caso específico da óptica geométrica, os alunos devem ser apresentados aos conceitos fundamentais do conteúdo em questão, para então expor suas dúvidas, relatar suas maiores dificuldades e, assim, o professor compreenderá o porquê das dificuldades encontradas pelos educandos e propor estratégias que possam levar a compreensão dos conteúdos a serem abordados, discutidos e avaliados em sala de aula.

4 RECURSO EDUCACIONAL

No desenvolvimento do recurso educacional, pautado na metodologia de Paulo Freire e, mais especificamente, na atividade experimental problematizadora, buscamos estabelecer uma abordagem dinâmica e participativa para o ensino dos conceitos de ótica geométrica. Inspirados pela visão freiriana de educação como prática libertadora, propomos uma experiência de aprendizado que vai além da simples transmissão de conhecimento, promovendo a construção ativa e crítica do saber.

Ao adotar a atividade experimental problematizadora, estamos comprometidos em instigar a curiosidade, o questionamento e a reflexão dos alunos. Paulo Freire enfatizava a importância de engajar os estudantes em situações desafiadoras que os levem a refletir sobre a realidade, integrando teoria e prática de maneira significativa.

No contexto específico da ótica geométrica, propomos atividades experimentais que não apenas ilustrem os conceitos teóricos, mas que também incentivem os alunos a formular perguntas, levantar hipóteses e buscar soluções de forma colaborativa. O processo de problematização, aqui, não apenas facilita a compreensão dos fenômenos ópticos, mas também desenvolve habilidades críticas e analíticas, fundamentais para a formação integral dos estudantes.

Assim, ao incorporar a metodologia de Paulo Freire, almejamos não apenas transmitir conhecimento sobre ótica geométrica, mas proporcionar uma experiência educacional que empodere os alunos, estimule o pensamento crítico e os prepare para enfrentar desafios complexos, contribuindo para a construção de cidadãos conscientes e participativos.

4.1 O contexto do estudo

O recurso educacional que desenvolvemos foi projetado para atender às necessidades específicas de aprendizagem dos alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA) na Unidade Escolar Carlos Franco, localizada na cidade de Guadalupe-PI. Este recurso visa aprimorar o desempenho educacional, concentrando-se, em particular, no estudo das leis que governam os fenômenos de reflexão e refração da luz, ambos elementos fundamentais da ótica geométrica.

A escolha da Unidade Escolar Carlos Franco foi motivada pelo envolvimento profissional na instituição, que faz parte da 10ª Gerência Regional de Educação de Floriano (10ª GRE Floriano) e, conseqüentemente, da Rede Estadual de Ensino do Estado do Piauí. Atualmente, a escola conta com um corpo docente de vinte e um (21) professores, entre efetivos e contratados, atendendo duzentos e cinquenta e quatro (254) estudantes no total.

Desse número, cento e noventa (190) estão matriculados no ensino médio regular, enquanto sessenta e quatro (64) estão matriculados no EJA médio. Os estudantes estão distribuídos em cinco (05) turmas no turno matutino, totalizando cento e noventa (190) alunos, e três (03) turmas no turno noturno, somando sessenta e quatro (64) estudantes.

Para atender às demandas educacionais, a escola possui uma infraestrutura composta por dez (10) salas de aula climatizadas, um (01) laboratório de informática (desativado), um (01) laboratório de ciências, uma (01) biblioteca, uma (01) sala de mediação tecnológica equipada com TV e Datashow, uma (01) sala de jogos didáticos e uma (01) cantina.

4.1.1 Os participantes da pesquisa

Para o desenvolvimento de nossa proposta pedagógica, solicitamos a anuência da gestão escolar quanto a aplicação da sequência didática no âmbito da sala de aula através de um termo de compromisso (Apêndice A). Neste termo fizemos uma explanação prévia e embasada acerca do trabalho que seria desenvolvido na escola. A gestão, então, garantiu total apoio ao desenvolvimento de nossa prática.

No termo deixamos claro que como o público-alvo desta pesquisa são jovens e adultos, toda e qualquer forma de divulgação dos trabalhos realizados, quer seja por fotos ou por vídeos, deverão ter o consentimento dos responsáveis.

O trabalho foi aplicado em duas turmas de EJA do turno noturno denominadas de 2º A e 2º B, num total de trinta e oito (38) alunos da segunda série do ensino médio EJA da Unidade Escolar Carlos Franco, em Guadalupe-PI, durante o primeiro e o segundo bimestres de 2021. O universo desta pesquisa são jovens e adultos, que na sua maioria trabalham o dia todo e que durante o turno noturno dedicam-se aos estudos

visando a conclusão do seu ensino médio e quiçá conquistar um espaço no ensino superior.

4.2 Metodologia da pesquisa

A metodologia da pesquisa foi cuidadosamente delineada para promover a participação ativa dos estudantes no experimento. Inicialmente, o professor desempenhou um papel crucial ao explicar detalhadamente a atividade experimental, destacando o procedimento prático e enfatizando a relevância da documentação cuidadosa das informações obtidas. Essa fase inicial teve como objetivo preparar os alunos para uma execução eficaz do experimento.

Após a explicação, os estudantes receberam uma ficha de observação experimental (onde está essa ficha?), na qual estavam listados os materiais a serem utilizados e as etapas do procedimento experimental. Além disso, a ficha continha instruções específicas para a realização de observações sistematizadas durante o experimento, incentivando os alunos a registrarem as características físicas mais relevantes do sistema em análise.

Neste contexto, desde o início, houve uma abordagem que visava problematizar e destacar a importância da precisão no registro de informações. Os alunos foram orientados a adotar uma postura rigorosa na coleta e documentação dos dados, compreendendo a relevância desses registros para a análise posterior do experimento.

Paralelamente à realização do experimento, os alunos foram solicitados a responder a um questionário (Apêndice B) que buscava identificar suas ideias prévias sobre o fenômeno observado. O questionário tinha como objetivo não apenas levantar informações sobre o conhecimento prévio dos alunos, mas também estimulá-los a formular hipóteses com base nas observações feitas durante o experimento.

Os dados coletados durante a pesquisa foram provenientes de diversas fontes, incluindo os registros de campo feitos pelos estudantes, as fichas de observação preenchidas durante o experimento e as respostas aos questionários. Essa abordagem multifacetada proporcionou uma base rica para análise, permitindo uma compreensão abrangente das percepções dos alunos e dos resultados obtidos no experimento de ótica geométrica.

4.3 A sequência didática

A sequência didática proposta busca integrar a metodologia problematizadora de Paulo Freire à educação de jovens e adultos, promovendo uma aprendizagem ativa, significativa e contextualizada. A interação constante entre teoria e prática visa atender às necessidades específicas dos alunos, proporcionando um ambiente educacional envolvente e estimulante. Esta sequência didática foi desenvolvida em 5 (cinco) encontros.

Encontro 1 - Introdução e Sensibilização (50 minutos):

- Apresentação da proposta de aprendizagem, destacando a relevância da ótica geométrica na compreensão do mundo ao nosso redor.
- Diálogo inicial sobre as experiências e conhecimentos prévios dos alunos em relação à ótica.
- Discussão sobre a importância das leis da reflexão e refração da luz no cotidiano e no desenvolvimento profissional dos alunos.

Encontro 2 - Apresentação Teórica e Problemática (50 minutos):

- Exposição teórica sobre os conceitos fundamentais das leis da reflexão e refração da luz, com foco nas leis de reflexão e refração.
- Apresentação de uma situação-problema relacionada ao conteúdo, incentivando a reflexão e a discussão entre os alunos.
- Distribuição do questionário (Apêndice A) para levantar as ideias prévias dos alunos sobre o fenômeno observado.

Encontro 3 - Execução do Experimento (50 minutos):

- Explicação detalhada do experimento prático, destacando os materiais e o procedimento experimental.
- Divisão dos alunos em grupos para a realização do experimento, com acompanhamento e suporte do professor.
- Estímulo à observação sistemática e registro rigoroso das informações conforme a ficha de observação (Apêndice B).

Encontro 4 - Análise e Discussão (50 minutos):

- Revisão das observações e dados coletados durante o experimento.

- Debate em grupo sobre as descobertas, comparando-as com as ideias prévias levantadas no questionário.
- Estímulo à reflexão crítica sobre as leis de reflexão e refração, incentivando a formulação de hipóteses e conclusões.

Encontro 5 - Síntese e Aplicações Práticas (50 minutos):

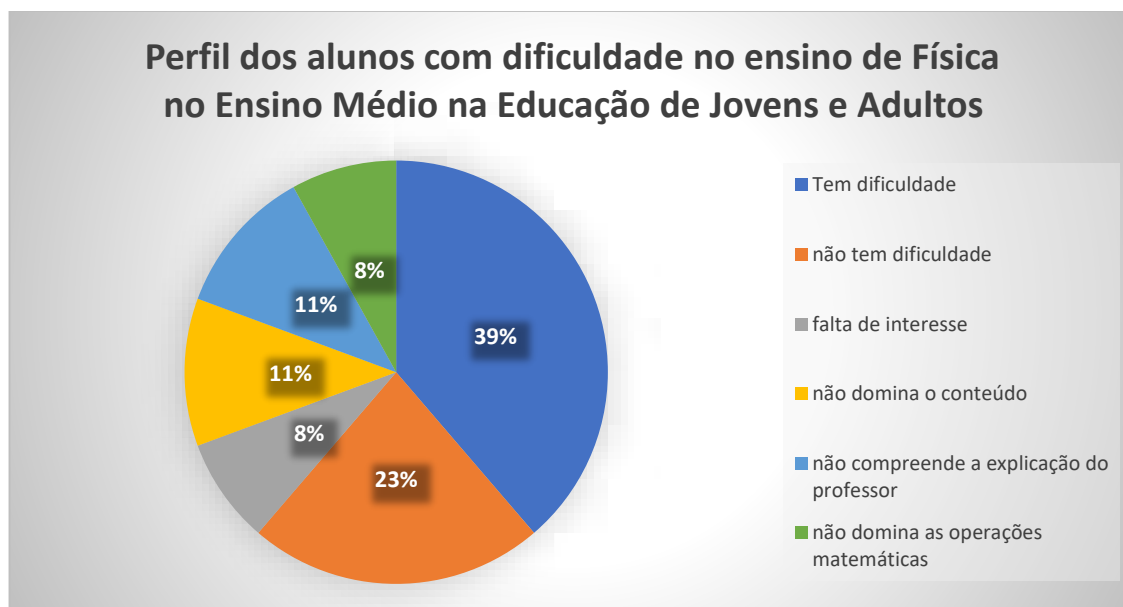
- Síntese dos principais conceitos aprendidos ao longo da sequência didática.
- Apresentação de situações práticas em que os conceitos de ótica geométrica são aplicáveis.
- Reflexão final sobre a importância do aprendizado na vida cotidiana e profissional dos alunos.

Ao longo dos encontros, o recurso educacional assume diferentes papéis, desde a introdução teórica até a execução prática do experimento, proporcionando uma abordagem completa e integrada. As etapas da sequência didática são cuidadosamente desenhadas para estimular a participação ativa dos alunos, incentivando a reflexão crítica, a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento.

4 A APLICAÇÃO DO RECURSO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido nesta proposta foi testado em grupo de 38 alunos participantes com o propósito inicial de diagnosticar suas habilidades e competências em relação aos conceitos abordados nos fenômenos ópticos propostos na sequência didática. Através do gráfico apresentado na Figura 2, evidencia-se o grau de dificuldade enfrentado pelos alunos avaliados, destacando-se que a maioria enfrenta desafios na aprendizagem dos conteúdos de Física. Diversos fatores, como responsabilidades familiares e profissionais, defasagens em conceitos fundamentais, e metodologias de ensino desalinhadas às necessidades específicas dos alunos da EJA, podem estar interrelacionados a essa dificuldade percebida.

Figura 2 – Averiguando os conhecimentos dos alunos em Física no Ensino Médio.



Fonte: Próprio autor (2024).

Com base nos resultados do perfil dos alunos, deu-se início à execução da primeira etapa da sequência didática, a **avaliação diagnóstica**. Nesse contexto, o cenário atual oferece uma oportunidade propícia para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas que atendam às necessidades específicas desse público, visando promover uma aprendizagem mais eficaz e significativa.

Mais detalhes sobre a aplicação deste recurso educacional é encontrado na dissertação de Mestrado de Sousa (2024).

5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A implementação da sequência didática baseada nos princípios da aprendizagem significativa de Paulo Freire demonstrou ser uma estratégia promissora para o ensino de Ótica Geométrica no contexto da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ao longo deste estudo, buscamos não apenas transmitir conhecimentos específicos, mas também promover uma aprendizagem significativa e relevante para o desenvolvimento acadêmico dos educandos no ensino médio e, prospectivamente, no ensino superior.

A aplicação prática da sequência didática envolveu diferentes etapas, desde a introdução do conteúdo até a realização de experimentos pelos próprios alunos, culminando em uma minifeira de ciências. A participação ativa dos estudantes na produção e exposição dos experimentos promoveu uma maior internalização dos conceitos, além de estimular a reflexão e a troca de conhecimentos entre os participantes.

Deseja-se que a metodologia aplicada não se limite ao contexto específico deste estudo, mas que inspire outros professores a adotarem abordagens semelhantes em diversas áreas do conhecimento. A produção de um material didático derivado dessa experiência visa servir como suporte pedagógico, possibilitando que colegas de outras disciplinas e áreas de ensino explorem estratégias inovadoras para atingir seus objetivos socioeducacionais.

Além disso, acredita-se que os resultados obtidos e as lições aprendidas ao longo dessa dissertação possam contribuir para discussões mais amplas sobre a eficácia de práticas pedagógicas inovadoras, especialmente aquelas que visam atender às necessidades específicas de alunos da Educação de Jovens e Adultos. A busca por métodos que promovam a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento e que levem em consideração suas experiências de vida continua sendo um desafio crucial na promoção de uma educação mais inclusiva e significativa.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, B. e MÁXIMO, A. *Física, Vol. 2* (Scipione, São Paulo, 2013).
- ASTOLFI, J. P., *El "error", un medio para enseñar*. Diada Editora S. l. Sevilla, 1999.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 3.ed. São Paulo: paz e Terra: 2008.
- GASPAR, A. *Física, Vol. 2* (Editora Ática, São Paulo, 2013).
- GASPAR, A. e MONTEIRO, I C. C., **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. *Investigação em Ensino de Ciências*, Rio Grande do Sul, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, p. 212- 217, 2008.
- LERNER, D. **Ler e escrever na escola: O real, o possível e o necessário**. Tradução Ernani Rosa. – Dados eletrônicos, -Porto Alegre: Arned, 2007.
- MOREIRA, M. A. **Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.
- OLIVEIRA, J. M. de. **Ensino de Física: A Modelagem Matemática como Estratégia Pedagógica**. Livraria da Física, 2017.
- PINTO, A. L. G; PARK, M. B. **Ética e história oral: subsídios para um trabalho com populações em situação de risco**. In: SIMSON, O. R. M. V; PARK, M. B; FERNANDES, R. S. **Educação não-formal: cenários da criação**. Campinas: Editora da Unicamp, 2001.
- QUIRINO, W.G e LAVARDA, F.C., **Comunicações: Projeto "Experimentos de física para o ensino médio com materiais do dia-a-dia"**. São Paulo, v.18 n.1, 2001.
- SALVETTI, A.R. **A história da luz**. 2. ed. Ver.-São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Ensino de física: reflexões**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 311-312, set. 2005.
- SOUSA, J. R. de. **O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: uma sequência didática de ensino fundamentada na abordagem de aprendizagem de Paulo Freire**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 91 p., 2024.
- TAVARES, M. M. **Educação inclusiva: outros caminhos**. Rio de Janeiro: Dunya, 2005.
- TIPLER, P. e MOSCA, G. **Física Volume 3**, Capítulos 31 a 33.
- VILANOVA, R.; MARTINS, I. **Ciência & Educação: Motivações e objetivos. Nas últimas décadas, a educação de jovens e adultos**. São Paulo, v. 14, n. 2, p. 331-346, 2008.

Apêndice A: Termo de consentimento

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, a UNIDADE ESCOLAR CARLOS FRANCO, ciente dos procedimentos propostos, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e do explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância quanto à realização do trabalho sobre “O ENSINO DAS LEIS DA REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS: Uma sequência didática de ensino fundamentada na Teoria de Aprendizagem de Vygotsky”, elaborado pelo Professor José Ribamar de Sousa. Fica claro que a instituição, através de seu representante legal, pode, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo do trabalho, caso haja alguma divergência dos objetivos ou finalidade do projeto ora apresentado, ficando ciente que todo trabalho realizado se torna informação confidencial, guardada por força do sigilo profissional.

Por ser a expressão da verdade, assino o presente para que possa surtir os efeitos legais desejados.

Assinatura e carimbo do representante da instituição

Apêndice B: Avaliação Diagnóstica

Assunto: As leis da reflexão e refração da luz

01. O que você entende por luz?

02. Sem a presença da luz é possível ver os objetos?

() sim () não

03. Por que você se vê num espelho?

() porque a luz é refletida () porque a luz é refratada
() porque a luz é absorvida () porque a luz é dispersada

04. Todo objeto é refletor?

05. Se o Sol morresse por 24hs e você olhasse para o céu o que você enxergaria?

() O próprio Sol () A lua
() As estrelas () Os planetas

06. Como conseguimos ver os objetos que não tem luz própria?

() através do seu brilho () através da sua cor
() através da reflexão da luz () através da sua temperatura

07. Numa sala totalmente escura qual dos corpos você conseguiria ver?

() Um espelho () Um gato preto
() Um interruptor () um ferro aquecido ao rubro

08. Suponha que não houvesse atmosfera na Terra. Nesse caso, é correto afirmar que veríamos:

() O Sol se pôr mais cedo () O Sol nascer mais cedo
() O Sol nascer e se pôr no mesmo instante () O Sol nascer e se pôr mais tarde

09. Considere a luz se propagando no ar atmosférico e em seguida passa a se propagar na água do mar. Sobre a velocidade da luz podemos afirmar que:

() No ar é maior que na água () No ar é menor que na água
() No ar é a mesma que na água () No ar é a metade que na água

10. Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe. Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz:

() refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água

- () emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- () emitidos pelos olhos do índio são espalhados pela superfície da água
- () refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

Link de acesso ao pré-teste: <https://forms.gle/txHHnCAsAyTfD3rB6>

Apêndice C: Verificação da aprendizagem

Assunto: As leis da reflexão e refração da luz

01. A definição mais adequada para luz é:

- ☐ ausência de escuridão
- ☐ um elemento que serve para clarear
- ☐ o brilho emitido pelos objetos
- ☐ onda visível ao olho humano

02. Dos corpos abaixo todos são corpos luminosos, exceto:

- ☐ A lâmpada acesa
- ☐ As estrelas
- ☐ A chama da vela
- ☐ O fósforo

03. A respeito dos meios ópticos, qual das afirmações abaixo está correta:

- ☐ A água é sempre um meio transparente.
- ☐ A neblina é um meio opaco.
- ☐ O vidro é um meio translúcido.
- ☐ O ar puro é um meio transparente.

04. Quando a luz incide sobre uma superfície e retorna para o mesmo meio de onde foi originada temos o fenômeno físico da:

- ☐ refração da luz
- ☐ reflexão da luz
- ☐ absorção da luz
- ☐ dispersão da luz

05. A cerca do fenômeno físico da refração da luz, podemos afirmar que as grandezas referentes à propagação da luz que sofrem alteração das suas características iniciais, ao mudar de meio, são:

- ☐ comprimento da onda e velocidade da luz.
- ☐ frequência e comprimento da onda da luz
- ☐ período e frequência da luz
- ☐ velocidade e frequência da luz

06. Durante o fenômeno da refração da luz, a capacidade de reduzir a velocidade da luz ao passar de um meio para outro chama-se:

- ☐ dispersão da luz
- ☐ refringência
- ☐ absorção da luz
- ☐ desvio angular

07. Segundo a primeira lei da reflexão da luz o raio incidente, a reta normal e o raio refletido são:

- ☐ perpendiculares
- ☐ coplanares
- ☐ paralelas
- ☐ concorrentes

08. A relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz em outro meio qualquer chama-se:

- () índice de refração relativo
- () índice de refração absoluto
- () desvio angular da luz
- () comprimento de onda da luz

09. O ângulo de incidência da luz sobre uma superfície mede 47° . Podemos afirmar que o ângulo formado entre a superfície e o raio refletido mede:

- () 53° () 47° () 43° () 33°

10. Na figura, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração $n_A=2$. Com base nessas informações, determine o índice de refração do meio B. Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$ e $\sin 53^\circ = 0,80$

Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:

- () 0,5 () 1,0 () 1,5 () 2,0