

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

LETÍCIA TONOLLI ALANO

**A FÍSICA DO OLHO HUMANO: ensino de distúrbios visuais através da
metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos**

São Leopoldo

2023

LETÍCIA TONOLLI ALANO

**A FÍSICA DO OLHO HUMANO: ensino de distúrbios visuais através da
metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Física,
pelo Curso de Licenciatura em Física da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
(UNISINOS).

Orientador(a): Prof.^a Dra. Cândida Cristina Klein

São Leopoldo

2023

Dedico este trabalho aos meus pais, Alcioni e Elisângela, que permaneceram comigo durante toda essa trajetória, sempre me apoiando e ensinando a importância dos estudos, tornando esse momento possível, e à memória dos meus avós.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho só foi possível através do apoio e da confiança de diversas pessoas, por isso reservo este espaço para expressar minha gratidão a todos que contribuíram para que eu pudesse realizar essa jornada.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, sua confiança em mim e seu incentivo contínuo me levaram mais longe do que eu poderia imaginar. Muito obrigada pelo amor incondicional, pelos sacrifícios, pela dedicação e por sempre me colocarem como prioridade. São a minha fonte de força e meu exemplo de amor e determinação. Serei eternamente grata por tudo que fizeram por mim, sem vocês nada disso seria possível e espero sempre deixá-los orgulhosos.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica pelos ensinamentos e por tornarem-se exemplos a serem seguidos na conduta docente. Faço um agradecimento especial à minha orientadora, Prof.^a Dra. Cândida Cristina Klein, pela inestimável orientação; além de me responder imediatamente nos momentos de desespero aos domingos à noite, sempre destacou a importância do ensino de Física e nunca mediu esforços para fazer da nossa formação a mais completa possível.

Agradeço ao Colégio Cidade das Hortênsias e à toda equipe da escola pela confiança e por oportunizar a realização desse projeto, assim como expresse aqui meu agradecimento aos estudantes da atual 3^a série da escola que se envolveram de forma admirável com o trabalho e fizeram com que todo o esforço valesse a pena.

Por fim, agradeço a todos os amigos e familiares que contribuíram para que esse momento finalmente se tornasse realidade.

RESUMO

O ensino de Física tem sido alvo de diferentes estratégias que visam uma alternativa ao método tradicional, na tentativa de posicionar os estudantes como protagonistas do processo de aprendizagem; uma dessas possibilidades é o emprego de metodologias ativas, um recurso para atrair e estimular os discentes na prática científica. A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) surge como uma alternativa metodológica que associa os conhecimentos técnicos às competências indispensáveis à formação de um indivíduo atuante e crítico, uma vez que estimula os estudantes a confrontarem questões e problemas do mundo real de forma significativa. Este trabalho apresenta um projeto sobre o funcionamento do olho humano e distúrbios visuais, fundamentado na metodologia ABP e na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, aliadas ao uso de práticas experimentais. Ele foi elaborado e desenvolvido em conjunto com os alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma escola privada da cidade de Canela/RS. A proposta didática, cuja aplicação transcorreu durante sete semanas, contemplou uma aula sobre refração da luz e lentes, assim como um projeto desenvolvido através de quatro tarefas norteadoras, avaliadas através de rubricas, empregando o *Instagram* como plataforma de divulgação das atividades para a comunidade. As tarefas desenvolvidas englobaram a construção e a consolidação do conhecimento sobre as estruturas do olho humano e alguns distúrbios visuais, relacionando o tema aos conceitos físicos vistos nas aulas de ondulatória e ótica através de pesquisas, apresentações e atividades experimentais. Além dos conhecimentos teóricos, as tarefas também abrangeram o aperfeiçoamento de habilidades cognitivas fundamentais no percurso acadêmico e profissional. Ao final do projeto, os estudantes responderam a dois questionários, que avaliavam a aprendizagem sobre o tema estudado e a sua percepção sobre a metodologia e o desenvolvimento da proposta didática. Com esses dados, além das observações realizadas ao longo do projeto, pôde-se demonstrar a eficácia da metodologia quanto à aprendizagem dos conteúdos, assim como foi possível avaliar a efetividade da ABP em relação ao engajamento e à motivação dos estudantes na construção do conhecimento, uma vez que 97% deles demonstraram satisfação com a metodologia de ensino, considerando-a mais dinâmica, interessante e criativa. Ademais, os estudantes afirmaram que desenvolveram novas habilidades ao longo do

projeto e foram unânimes em responder que tiveram orgulho de apresentá-lo à comunidade.

Palavras-chave: ensino de física; metodologias ativas; ótica; lentes; experimentação com materiais de baixo custo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de refração da luz.....	47
Figura 2 – Tabela com os índices de refração de alguns materiais	48
Figura 3 – Representação do comportamento de um raio luminoso ao ser refratado	49
Figura 4 – Elementos de uma lente esférica	50
Figura 5 – Tipos de lentes de bordas finas.....	51
Figura 6 – Tipos de lentes de bordas grossas.....	51
Figura 7 – Comportamento dos raios de luz em uma lente convergente	52
Figura 8 – Comportamento dos raios de luz em uma lente divergente	52
Figura 9 – Vergência e desvio dos raios luminosos em lente biconvexa	53
Figura 10 – Exemplo de refração da luz no livro didático	54
Figura 11 – Modelo de diário de bordo.....	62
Figura 12 – Publicação de apresentação do projeto da Turma A	67
Figura 13 – <i>Stories</i> desenvolvidos pelo grupo 3 da Turma A	71
Figura 14 – <i>Stories</i> desenvolvidos pelo grupo 1 da Turma A	75
Figura 15 – Esquema 1 do olho com posição do cristalino e lente corretiva.....	78
Figura 16 – Esquema 2 do olho com posição do cristalino e lente corretiva.....	79
Figura 17 – Questionário de avaliação dos colegas (por grupo).....	101
Figura 18 – Questionário de autoavaliação individual	101
Figura 19 – Questionário de autoavaliação do grupo	102
Figura 20 – Questionário de avaliação do projeto (parte 1: estruturas do olho humano e distúrbios visuais).....	107
Figura 21 – Questionário de avaliação do projeto (parte 2).....	109

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Comportamento dos feixes de luz em uma lente biconvexa (a) e em uma lente bicôncava (b).....	55
Fotografia 2 – Alunos da Turma A assistindo ao vídeo âncora.....	64
Fotografia 3 – Alunos da Turma B realizando o teste da Tabela de Snellen	64
Fotografia 4 – Grupos 4 e 5 da Turma B realizando as pesquisas com alunos da escola	69
Fotografia 5 – Maquete do grupo 3 da Turma A.....	72
Fotografia 6 – Palestra com a oftalmologista	73
Fotografia 7 – Alunos da Turma A respondendo aos questionários	74
Fotografia 8 – Conjunto de lentes de gelatina recebido por cada grupo.....	81
Fotografia 9 – Grupo 1 da Turma B realizando os procedimentos previstos no roteiro	82
Fotografia 10 – Grupo 2 da Turma A determinando a distância focal das lentes.....	83
Fotografia 11 – Representação de um olho míope sem correção (a) e com correção por lente divergente (b)	83
Fotografia 12 – Representação de um olho hipermetrope sem correção (a) e com correção por lente convergente (b)	84
Fotografia 13 – Grupo 1 da Turma A realizando a pesquisa no livro didático	84
Fotografia 14 – Grupo 4 da Turma B respondendo o roteiro experimental	85
Fotografia 15 – Grupo 4 da Turma A determinando a distância focal da lente a partir da vergência	85
Fotografia 16 – Turma A realizando a experimentação com lentes de gelatina.....	86
Fotografia 17 – Turma B realizando a experimentação com lentes de gelatina.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de pontos da autoavaliação individual dos alunos das turmas das 2 ^{as} séries A e B	104
Gráfico 2 – Distribuição de pontos da autoavaliação dos grupos dos alunos das turmas das 2 ^{as} séries A e B.....	104
Gráfico 3 – Distribuição de pontos da média das autoavaliações (individual e grupal) dos alunos das turmas das 2 ^{as} séries A e B (30 pontos)	105
Gráfico 4 – Distribuição de pontos da avaliação realizada pela professora referente aos alunos das turmas das 2 ^{as} séries A e B (40 pontos)	106
Gráfico 5 – Distribuição das notas da avaliação individual dos alunos da 2 ^a série (100 pontos).....	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas em um projeto de ensino na ABP	31
Quadro 2 – Papel do professor e dos estudantes na ABP	31
Quadro 3 – Cronograma de atividades do projeto	43
Quadro 4 – Funções dos integrantes de cada grupo.....	57
Quadro 5 – Atividades a serem realizadas por cada grupo	59
Quadro 6 – Cronograma de publicações no <i>Instagram</i>	60
Quadro 7 – Cronograma de atividades semanais das turmas	61
Quadro 8 – Fundamentos da ABP contemplados no projeto	63
Quadro 9 – Rubrica apresentação da Tarefa 1 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5).....	88
Quadro 10 – Rubrica postagem no <i>Instagram</i> da Tarefa 1 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5) ...	90
Quadro 11 – Rubrica para entrevista da Tarefa 2 (Grupos 1 e 2).....	91
Quadro 12 – Rubrica para maquete da Tarefa 2 (Grupo 3).....	92
Quadro 13 – Rubrica para pesquisa da Tarefa 2 (Grupos 4 e 5).....	93
Quadro 14 – Rubrica postagem no <i>Instagram</i> da Tarefa 4 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5) ...	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Notas obtidas por grupo na atividade de experimentação com lentes	87
Tabela 2 – Resultados rubrica da apresentação (Tarefa 1).....	95
Tabela 3 – Resultados rubrica da publicação (Tarefa 1)	96
Tabela 4 – Resultados rubrica da entrevista (Tarefa 2).....	97
Tabela 5 – Resultados rubrica da maquete (Tarefa 2)	97
Tabela 6 – Resultados rubrica da pesquisa (Tarefa 2).....	98
Tabela 7 – Resultados rubrica da postagem (Tarefa 4).....	99
Tabela 8 – Pontuação final por grupo na avaliação das tarefas	99
Tabela 9 – Resultados da avaliação dos grupos (30 pontos)	103
Tabela 10 – Desempenho dos estudantes sobre as estruturas do olho humano e distúrbios visuais.....	110
Tabela 11 – Percepção dos alunos sobre as habilidades desenvolvidas no projeto	111
Tabela 12 – Percepção dos alunos sobre as atividades que mais gostaram no projeto.....	112
Tabela 13 – Avaliação dos estudantes sobre o nível de desenvolvimento de habilidades através da metodologia ABP	114
Tabela 14 – Avaliação dos estudantes sobre as tarefas desenvolvidas no projeto	115
Tabela 15 – Percepção dos alunos sobre as habilidades a serem aperfeiçoadas..	116
Tabela 16 – Percepção dos alunos sobre as dificuldades enfrentadas	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA.....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.3 PROBLEMA.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.4.1 Objetivo geral	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
1.5 JUSTIFICATIVA.....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA	20
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	20
2.2 METODOLOGIAS ATIVAS	21
2.2.1 Metodologias ativas no ensino de Física	23
2.2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)	25
2.2.2.1 Fundamentos	26
2.2.2.2 Etapas de um projeto de ensino na ABP	30
2.2.2.3 Papel do professor e dos estudantes na ABP	31
2.2.2.4 Processo avaliativo na ABP	32
2.2.2.5 ABP e o ensino de Física	34
2.3 EXPERIMENTAÇÃO NAS AULAS DE FÍSICA.....	36
2.3.1 Experimentação com materiais de baixo custo	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA E DAS TURMAS	41
3.2 ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA	42
3.3 PROCESSO AVALIATIVO	43
3.3.1 Avaliação discente	43
3.3.2 Avaliação da proposta didática	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1 AULA SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ E LENTES	45
4.1.1 Plano de aula sobre refração da luz e lentes	45
4.1.1.1 Dados de identificação	45
4.1.1.2 Objetivo geral	46
4.1.1.3 Objetivos específicos	46

4.1.1.4 Conteúdo programático	46
4.1.1.5 Metodologia, recursos didáticos e desenvolvimento do conteúdo	46
4.1.1.6 Avaliação	53
4.1.2 Relatos de aplicação	54
4.2 O PROJETO DE ENSINO-APRENDIZAGEM SEGUNDO A METODOLOGIA ABP	56
4.2.1 Projeto elaborado.....	57
4.2.1.1 Relatos Semanais	63
4.2.1.1.1 <i>Semana 1</i>	63
4.2.1.1.2 <i>Semana 2</i>	67
4.2.1.1.3 <i>Semana 3</i>	69
4.2.1.1.4 <i>Semana 4</i>	71
4.2.1.1.5 <i>Semana 5</i>	73
4.2.1.1.6 <i>Semana 6</i>	74
4.2.2 Proposta de experimentação sobre lentes.....	75
4.2.2.1 Roteiro de experimentação sobre lentes	75
4.2.2.1.1 <i>Objetivos</i>	76
4.2.2.1.2 <i>Fundamentação teórica</i>	76
4.2.2.1.3 <i>Material</i>	77
4.2.2.1.4 <i>Procedimentos e resultados</i>	78
4.2.2.1.5 <i>Conclusões</i>	80
4.2.2.2 Relatos de aplicação e resultados avaliativos	81
4.2.3 Instrumentos avaliativos discentes	87
4.2.3.1 Rubricas.....	88
4.2.3.1.1 <i>Rubricas da Tarefa 1</i>	88
4.2.3.1.2 <i>Rubricas da Tarefa 2</i>	90
4.2.3.1.3 <i>Rubrica da Tarefa 4</i>	94
4.2.3.1.4 <i>Resultados das rubricas</i>	95
4.2.3.2 Avaliações individuais	100
4.2.3.2.1 <i>Resultados das avaliações individuais</i>	102
4.2.4 Instrumentos avaliativos do projeto	107
4.2.4.1 Avaliação sobre a aprendizagem do tema estudado	110
4.2.4.2 Percepção sobre a metodologia e o projeto	111
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118

REFERÊNCIAS	121
APÊNDICE A - EXERCÍCIOS PROPOSTOS NA AULA SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ E LENTES	125
ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM	134

1 INTRODUÇÃO

No ensino de Física, assim como de qualquer outro componente curricular, é fundamental que o aluno se sinta motivado e estimulado a aprender. Entretanto, talvez pelos avanços tecnológicos ou pelas mudanças de interesses em cada geração – assim como as sequelas educacionais do período de isolamento social exigido durante a pandemia da COVID-19 –, tem sido cada vez mais desafiador envolver os estudantes na aprendizagem dos conteúdos programáticos.

Levando-se em consideração que, apesar do desenvolvimento da tecnologia, assim como dos conhecimentos científicos, os métodos educacionais no ensino das ciências naturais pouco se modificaram ao longo dos dois últimos séculos, pode-se notar uma negligência na efetiva atualização e modernização das propostas pedagógicas de ensino de Física.

As aulas expositivas – também chamada de educação de bancada, nas quais o professor, detentor de todo conhecimento, despeja o conteúdo sem contextualização somente passando fórmulas e conceitos abstratos, não permitindo aos alunos o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas, como análise e aplicação dos conteúdos estudados – muitas vezes são as responsáveis pela ideia disseminada de que Física “não faz sentido” e “é só decorar a fórmula”, ou seja, um componente curricular meramente teórico, sem conexão visível com a realidade dos estudantes.

A partir dessa observação, é evidente a necessidade de novas metodologias que envolvam o aluno e o ajudem a construir conhecimentos pertinentes para serem aplicados em problemas do seu cotidiano, formando indivíduos que atuarão na sociedade de maneira consciente e significativa.

A metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) busca justamente colocar o aluno como principal agente na construção do saber, trazendo os conteúdos de maneira interdisciplinar e estimulando os estudantes a pensarem nas aplicações desses conceitos (BARBOSA; MOURA, 2013).

Destacando-se como um recurso para atrair e estimular os discentes na prática científica, a ABP está em consonância com a concepção de aprendizagem dentro do paradigma construtivista, ou seja, considera o processo de ensino-aprendizagem dependente de diversos fatores, entre eles, o envolvimento e a motivação dos estudantes (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Desse modo, dentro da premissa construtivista e considerando os princípios estabelecidos pela metodologia ativa mencionada, o presente trabalho fundamentou-se na epistemologia de David Paul Ausubel, responsável pela construção da Teoria da Aprendizagem Significativa, para a elaboração do plano de aula e da proposta de projeto na ABP.

Ausubel defende que o fator que mais se destaca e deve ser considerado pelo professor é o conhecimento prévio dos alunos. Diante disso, os conhecimentos ou percepções que os alunos já têm a partir do cotidiano auxiliam de forma imprescindível para a construção de um saber científico significativo e com valor social (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

O que se buscou foi justamente uma forma de inserção da metodologia ABP com o objetivo de auxiliar o entendimento e o envolvimento dos estudantes no aprendizado da Física, estimulando o aperfeiçoamento de habilidades investigativas e de resolução de problemas, relevantes em todo o seu percurso acadêmico e profissional.

Considera-se, portanto, que mediante a realização deste trabalho, as aulas ministradas com recursos didáticos diferenciados e metodologias ativas, como o desenvolvimento do projeto da ABP e de experiências práticas para além da sala de aula, tenham potencializado o entendimento dos alunos sobre a Física, uma vez que permitiram o confronto entre os conteúdos estudados com questões do mundo real, proporcionando um processo de aprendizagem significativa, além de desmistificar a Física como um conteúdo teórico, sem relação com a realidade discente.

1.1 TEMA

Metodologias ativas no ensino de Física.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) como estratégia metodológica para o ensino do funcionamento do olho humano e dos distúrbios visuais para alunos da 2ª série do Ensino Médio.

1.3 PROBLEMA

Como engajar os alunos da 2ª série do Ensino Médio, durante as aulas de Física, para o estudo de ótica, através de uma metodologia de ensino ativa que contemple a análise de distúrbios visuais?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Elaborar e desenvolver, em conjunto com os alunos da 2ª série do Ensino Médio, um projeto sobre olho humano e distúrbios visuais, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e seguindo a metodologia de ensino ativa Aprendizagem Baseada em Projetos.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar e aplicar aulas de Física sobre refração da luz e lentes para a 2ª série do Ensino Médio, fundamentadas na teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel.
- b) Planejar e desenvolver um projeto sobre o funcionamento do olho humano e distúrbios visuais, seguindo a metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos.
- c) Verificar e analisar os aspectos pedagógicos e as potencialidades didáticas do ensino de Física através da ABP.
- d) Elaborar e desenvolver uma proposta de experimentação sobre lentes e o olho humano com materiais de baixo custo.

1.5 JUSTIFICATIVA

Fundamental na elaboração e estruturação de um plano de ensino, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem como objetivo definir

[...] o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da

Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento [...] (BRASIL, 2018, p. 7).

Além disso, entre as competências gerais para educação básica, há a premissa de exercitar a curiosidade intelectual dos jovens, através de abordagens científicas, como a pesquisa, a reflexão e a análise crítica “[...] para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções” (BRASIL, 2018, p. 9), motivando e engajando os alunos no processo de aprendizagem.

Ao considerar-se a importância da formação científica em uma sociedade tecnológica em desenvolvimento, é evidente que a BNCC, assim como outras propostas pedagógicas contemporâneas, indica que a escola tem como dever preparar os estudantes

[...] para responder às necessidades pessoais e aos anseios de uma sociedade em constante transformação, aceitando desafios propostos pelo surgimento de novas tecnologias, dialogando com um mundo novo e dinâmico, numa sociedade mais instruída, melhor capacitada, gerando espaços educacionais autônomos, criativos, solidários e participativos, condições fundamentais para se viver nesse novo milênio (OLIVEIRA, 2006, p. 1).

Oliveira (2006) comenta que as metodologias tradicionais de ensino mostram, na maioria das vezes, pouca efetividade no desenvolvimento dessas habilidades essenciais à resolução de problemas, uma vez que focam mais na acumulação de conhecimentos do que na aplicação desses saberes em situações reais do cotidiano.

A Aprendizagem Baseada em Projetos surge, portanto, como uma alternativa metodológica que associa os conhecimentos técnicos às competências indispensáveis à formação de um indivíduo atuante, crítico e consciente da responsabilidade social ligada ao conhecimento científico (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Um dos pontos mais significativos da metodologia ABP é justamente dispor o aluno como principal agente ativo no processo de aprendizagem, seguindo as atuais tendências epistemológicas e princípios pedagógicos, superando as aulas expositivas, envolvendo os estudantes e os professores na construção dos temas estudados, além de desenvolver cognitivamente competências fora do escopo cotidiano das aulas de Física, como a habilidade investigativa, o pensamento crítico integrador de diferentes áreas e a atitude durante trabalhos em grupo (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008; PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Nesse sentido, a inserção de elementos da metodologia ABP tem potencial para melhorar o entendimento dos alunos sobre as ciências, em especial a Física, visto que estimula o envolvimento dos estudantes com os conteúdos através de vivências próprias e pesquisas que ultrapassam os limites da sala de aula e aproximam a disciplina da realidade discente (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017). Bender (2014, p. 9) recomenda a utilização da ABP como uma abordagem de ensino inovadora, visto que, para o autor, essa metodologia pode “[..] se tornar o principal modelo de ensino neste século”.

A metodologia também auxilia no processo de autoconhecimento dos alunos, que descobrem aptidões anteriormente não exploradas e formatos diferentes de aprendizagem. Para Oliveira (2006, p. 18), a ABP “cria condições para que os alunos experimentem suas descobertas, desenvolvam a confiança na própria capacidade de aprender e tomar decisões, fazer escolhas apropriadas na vida”.

Além disso, a ABP, através da autonomia e da voz do estudante durante todo o projeto, proporciona um espaço promissor para o desenvolvimento da aprendizagem significativa defendida por Ausubel.

O desenvolvimento da capacidade de resolver problemas é, naturalmente, um objeto educacional legítimo e significativo em si. Portanto é altamente defensável utilizar uma certa proporção do tempo na sala de aula para desenvolver uma compreensão e facilidade no uso de métodos científicos de investigação e outros procedimentos empíricos, indutivos e dedutivos de solução de problemas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 450).

Assim, percebe-se que a teoria ausubeliana estabelece que a aprendizagem só se torna significativa quando o aluno se relaciona com o conteúdo de maneira não-arbitrária, devendo fazer parte do processo de ensino e aprendizagem, colocando-se em uma posição ativa de forma a desenvolver suas estruturas cognitivas e seus mecanismos intelectuais (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Desse modo, os conteúdos deixam de ser independentes entre si, passando a se relacionar com os alunos, ganhando, por conseguinte, significados diversos e mais profundos a partir das experiências dos discentes e ampliando seu universo cognitivo ao estabelecer uma perspectiva mais crítica e dinâmica no que se refere à realidade (ESPÍNDOLA; MOREIRA, 2006).

A BNCC também propõe, além dos conhecimentos conceituais, práticas de investigação, definindo que “a abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas

e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido” (BRASIL, 2018, p. 551).

Um aliado para exercitar e aperfeiçoar essas competências é o emprego de atividades experimentais, nas quais os alunos têm a oportunidade de desenvolver uma aprendizagem ativa significativa que estimula a reflexão e a flexibilidade cognitiva, contornando a dificuldade dos discentes em relacionar os conteúdos aprendidos em aula com as aplicações reais desses conhecimentos (PARREIRA; DICKMAN, 2020).

Segundo Morini, Veit e Silveira (2010), atividades experimentais devem ser um meio que favoreça a busca pelo aprendizado, instigando que o aluno se envolva com o objeto de estudo, refletindo e debatendo com os colegas enquanto o professor faz o papel mediador do conhecimento, proposta consonante com os princípios da ABP.

Além disso, a experimentação cria um ambiente escolar mais motivador e estimula os alunos a deixarem o papel de espectadores, aperfeiçoando as habilidades cognitivas e o pensamento crítico, bem como, favorece a compreensão de forma mais aprofundada da natureza da ciência, fatores essenciais para a formação da cidadania (GONÇALVES; ARAUJO; RODRIGUES, 2020).

Dessa forma, justifica-se a elaboração e aplicação do presente trabalho que se propôs a desenvolver uma unidade didática de Física, com referencial teórico baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e promover a implementação de uma metodologia ativa denominada Aprendizagem Baseada em Projetos aliada ao uso de práticas experimentais, apresentando conceitos de ótica a alunos da 2ª série do Ensino Médio, junto aos princípios físicos do funcionamento do olho humano e dos distúrbios visuais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e os aspectos didáticos das metodologias ativas no ensino de Física, com destaque para Aprendizagem Baseada em Projetos, além de relatos de aplicações dessa metodologia nas aulas de Física. O capítulo também contempla as potencialidades pedagógicas da realização de atividades experimentais no processo de ensino e aprendizagem da Física.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Associado ao paradigma construtivista, que se fundamenta em uma aprendizagem por reestruturação, o psicólogo David Paul Ausubel (1918-2008) foi um dos vários representantes do cognitivismo, teoria da psicologia que avalia o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação, para que os conhecimentos sejam estruturados de forma a possibilitar sua manipulação e utilização no futuro (MOREIRA; MASINI, 1982; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Ausubel foi o responsável pela elaboração da Teoria da Aprendizagem Significativa, cuja ideia central é a identificação e a manipulação, por parte do professor, do conjunto de conhecimentos prévios que o aluno traz consigo, para que o novo conhecimento a ser desenvolvido se relacione de forma relevante e não-arbitrária com os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA; OSTERMANN, 1999). A ideia é sintetizada em um conhecido trecho, amplamente difundido na área da psicologia educacional:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. viii).

Vale ressaltar que quando se fala em conhecimentos prévios, Ausubel refere-se tanto às informações já armazenadas na mente dos alunos, quanto à estrutura cognitiva de cada um; em outras palavras, a forma como os conhecimentos estão organizados e encadeados – como, por exemplo, conhecimentos específicos que se desenvolvem a partir de conceitos gerais (MOREIRA; OSTERMANN, 1999).

A teoria ausubeliana tem como principal objetivo a aprendizagem significativa, que por sua vez é estabelecida “quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na natureza cognitiva de quem aprende” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 7). A esse conhecimento pré-existente Ausubel dá o nome de “conceito subsunçor” que desempenha um papel de ancoradouro ao conteúdo a ser desenvolvido, consolidando então a relação entre o que já se sabe e o que será estudado (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Portanto, o desafio mais urgente que se coloca para o professor na concepção ausubeliana de ensino e aprendizagem é conhecer a estrutura cognitiva dos seus alunos – e os subsunçores – para então estabelecer uma abordagem clara e organizada para o desenvolvimento e aprofundamento dos conhecimentos. Ou seja, o maior trabalho do docente é facilitar a ligação da estrutura conceitual do conteúdo à estrutura cognitiva dos estudantes (MOREIRA; MASINI, 1982).

Assim, aprender significativamente é reestruturar, corrigir e desenvolver conceitos e ideias já existentes, construindo significados mais profundos ou até mesmo novas descobertas. Para isso, é essencial que os alunos desenvolvam o máximo possível a estrutura cognitiva através de experimentos, resolução de questões que se relacionem com a realidade sociocultural, assim como desafios e situações-problemas que estimulem o pensar por si mesmo.

2.2 METODOLOGIAS ATIVAS

Com os avanços tecnológicos e o dinamismo do acesso às informações, o formato tradicional da educação, no qual o professor é detentor do conhecimento e as aulas seguem um modelo de transmissão de informações, tornou-se defasado e não é mais capaz de acompanhar a mudança de comportamento dos estudantes em sala de aula (PASTORIO *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2022).

Além disso, Barbosa e Moura (2013) enfatizam que pesquisas da ciência cognitiva têm sugerido que, para alcançar uma aprendizagem efetiva, é necessário que os alunos façam mais do que simplesmente ouvir e memorizar, como é feito em aulas predominantemente expositivas.

Nesse contexto, as metodologias ativas surgem como uma alternativa metodológica que visa renovar as formas e os mecanismos de ensino, tanto para acompanhar os avanços sociais e tecnológicos, além das novas exigências do

mercado profissional – ao trabalhar habilidades que vão além dos conhecimentos teóricos –, quanto para buscar um maior engajamento e consciência dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem (RIBEIRO *et al.*, 2022; STUDART, 2019).

Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, o aluno deve ler, escrever, perguntar, discutir ou estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos. Além disso, o aluno deve realizar tarefas mentais de alto nível, como análise, síntese e avaliação. Nesse sentido, as estratégias que promovem aprendizagem ativa podem ser definidas como sendo atividades que ocupam o aluno em fazer alguma coisa e, ao mesmo tempo, o leva a pensar sobre as coisas que está fazendo (BARBOSA; MOURA, 2013, p. 55).

Studart (2019) defende que as primeiras ideias de um ensino centrado no aluno foram propostas pelo pedagogo e filósofo John Dewey, no século XX, que teria argumentado sobre a importância do aprender fazendo e do protagonismo discente.

Caracterizadas por colocar os estudantes em uma posição mais atuante no processo de aprendizagem, construindo e ressignificando o conhecimento, as metodologias ativas têm, segundo Ribeiro *et al.* (2022), sete princípios:

- a) aluno como centro do processo de aprendizagem;
- b) autonomia;
- c) reflexão;
- d) problematização da realidade;
- e) trabalho em equipe;
- f) inovação;
- g) professor como mediador, facilitador e ativador.

Nas metodologias ativas, o processo de educação consiste em criar diferentes tipos de relações entre informação e realidade, resultando em uma ressignificação para a reconstrução dos conhecimentos existentes e desenvolvimento de novos. Para que esse processo ocorra, é fundamental que o aluno se envolva com o tema estudado – ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando – e seja capaz de conectá-lo a sua realidade (BARBOSA; MOURA, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2022).

Barbosa e Moura (2013) ainda ressaltam que no ambiente de aprendizagem ativa, para possibilitar o protagonismo dos estudantes, a posição do professor também

se modifica, atuando como um orientador e facilitador do processo de aprendizagem, deixando de ser a única fonte de informação e conhecimento.

As metodologias ativas fortalecem a autonomia dos estudantes, com elas, os estudantes são capazes de construir e reconstruir seu conhecimento em vez de recebê-lo de forma passiva do professor, tornam-se mais questionadores podendo intervir de forma consciente e transformar a realidade (VILANCULO; MUTIMUCUIO; SILVA, 2020, p. 3).

2.2.1 Metodologias ativas no ensino de Física

O ensino de Física, assim como de outros componentes curriculares do Ensino Médio, tem sido alvo de diferentes estratégias que visam uma modernização do método tradicional. Um dos principais artifícios utilizados pelos professores de Física, na tentativa de tornar a disciplina mais atrativa e estimulante para os alunos, é o emprego de metodologias ativas (PASTORIO *et al.*, 2020; VILANCULO; MUTIMUCUIO; SILVA, 2020).

Fiasca *et al.* (2021) apontam que muitas vezes uma abordagem predominantemente matemática, ou um estímulo à memorização de conceitos, faz com que a disciplina se distancie da realidade dos alunos, que, em sua grande maioria, veem a Física como uma extensão da matemática ou um conteúdo meramente teórico. Do mesmo modo, Vilanculo, Mutimucui e Silva (2020) indicam que esse tipo de abordagem tradicional resulta em uma maior falta de motivação para aprender Física, fortalecendo a concepção de que é uma ciência difícil e sem relação com a realidade.

Além disso, a demanda por uma metodologia que desenvolva novas habilidades cognitivas e contemple o ambiente virtual, cada vez mais presente na realidade discente, aumenta os desafios pedagógicos enfrentados pelos professores de Física na educação básica (FIASCA *et al.*, 2021). Para os autores, o professor

[...] deve, mesmo diante do cenário a que se acomete a educação brasileira, buscar por recursos, estratégias e encaminhamentos que facilitem a compreensão de conceitos físicos, bem como desencadear o interesse dos alunos pelo estudo de tal disciplina, contribuindo assim para o processo de ensino-aprendizagem e a construção do conhecimento individual do cidadão (FIASCA *et al.*, 2021, p. 369).

A inserção de metodologias ativas no ensino de Física viabiliza uma aproximação dos estudantes com o conteúdo, possibilitando que estes se relacionem

com o cotidiano dos alunos, além de atribuir significado aos fenômenos físicos estudados (PASTORIO *et al.*, 2020). Para os autores, as metodologias ativas objetivam “[...] aproximar teoria e prática através de processos interativos de conhecimento, pesquisa e análise de forma individual ou coletiva” (PASTORIO *et al.*, 2020, p. 12).

Nas metodologias ativas, a construção dos conhecimentos físicos é feita pelos estudantes, resultando em uma aprendizagem mais conceitual, contextual e consolidada, opondo-se à aprendizagem memorística do método tradicional expositivo (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Studart (2019) defende alguns aspectos fundamentais que devem estar presentes na aprendizagem ativa da Física, como a incorporação de atividades em sala de aula, ou em laboratório, que estimulem os estudantes a manifestarem seus pensamentos e concepções, seja escrevendo, falando ou registrando os fenômenos. Além disso, o autor enfatiza que o processo avaliativo deve ser constante e considere cenários reais de sala de aula, para que se obtenha evidências objetivas da aprendizagem significativa.

Entre as diversas metodologias ativas presentes na literatura, algumas mostram-se mais adequadas para o ensino de Física e, por isso, são mais utilizadas pelos docentes, como: Aprendizagem Baseada em Problemas, *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida, em português) e *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas, em português) (PASTORIO *et al.*, 2020).

Considerando o pluralismo metodológico, Studart (2019) alerta que o professor deve sempre considerar, na escolha do método de ensino, seu estilo pessoal de ensinagem, assim como o tema de Física a ser estudado, adaptando a metodologia ao contexto escolar, de forma a desenvolver, em conjunto com os alunos, uma aprendizagem significativa.

Além da complexidade na escolha do método, Ribeiro *et al.* (2022) advertem para outras dificuldades de implementação das metodologias ativas na sala de aula de Física, como o pouco tempo disponível, tanto para o planejamento das atividades diferenciadas, quanto para o desenvolvimento da metodologia em aula. Os autores também apontam para o distanciamento das pesquisas sobre metodologias inovadoras, desenvolvidas nas universidades, e as escolas de educação básica.

Apesar dessas dificuldades, a aplicação de metodologias ativas nas aulas de Física apresenta resultados positivos no processo de aprendizagem significativa,

como um melhor entendimento do conteúdo, melhora nas notas, mudança de comportamento dos estudantes em sala de aula, mostrando-se mais engajados e motivados com o ensino, além de superar a defasagem pedagógica enfrentada pela educação brasileira (PASTORIO *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2022).

2.2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)

A metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos busca envolver os alunos com o conteúdo de aprendizagem, estabelecendo um modelo de ensino que estimula os estudantes a confrontarem questões e problemas do mundo real de forma significativa (BENDER, 2014).

O método é definido por Bender (2014, p. 15) como a

[...] utilização de projetos autênticos e realistas, baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos aos alunos no contexto do trabalho cooperativo para resolução de problemas.

Com sua origem datada ainda no final século XVI, nas escolas de arquitetura europeias, a ABP tem sua metodologia atual influenciada pelos pedagogos John Dewey e William Heard Kilpatrick, conhecido como pai da Pedagogia Baseada em Projetos (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

De acordo com Oliveira (2006), foi a partir da consolidação da Escola Nova, e seu destaque em relação aos métodos tradicionais de ensino, que a proposta de ensino-aprendizagem baseada em projetos foi introduzida no sistema educacional de vários países: na França, por Ovide Decroly e Celestin Freinet; na Itália, por Maria Montessori; e nos Estados Unidos por John Dewey. Sendo esse último o grande sistematizador da Pedagogia de Projetos, que foi popularizada após o encaminhamento metodológico de Kilpatrick, em meados do século XX (OLIVEIRA, 2006; PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Com potencial para envolver significativamente o aluno com o conteúdo, a ABP compreende o trabalho em equipe e o aperfeiçoamento de habilidades colaborativas, o desenvolvimento das habilidades cognitivas de resolução de problemas e a interdisciplinaridade, superando a visão cartesiana de ensino ao estimular investigações que ultrapassem os limites da sala de aula (BENDER, 2014; PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Bender (2014) comenta que a utilização da metodologia está associada a diferentes motivações. Segundo o autor, o emprego da ABP resultaria em um maior nível de envolvimento dos estudantes com os conteúdos estudados, além de mais motivação para completar as atividades do projeto, visto que essas tornam-se significativas e relevantes para os alunos, assim como uma maior preparação para desenvolver as habilidades de resolução de problemas e a melhor maneira de utilizar os recursos tecnológicos para esse fim.

A abordagem da ABP encoraja os alunos a participarem do planejamento de projetos, pesquisa, investigação e aplicação de conhecimentos novos para que cheguem a uma solução para seu problema. [...] Esse tipo de aprendizagem força os alunos, ao trabalharem em equipes cooperativas, a criarem significado a partir do caos da superabundância de informações, a fim de articularem e apresentarem uma solução para o problema de forma eficaz (BENDER, 2014).

Baseada na problematização de situações reais, a ABP estimula o desenvolvimento das inteligências múltiplas ao propor tarefas complexas e desafios que incitam os estudantes a articularem seus conhecimentos, reinterpretando-os e agregando mais habilidades (OLIVEIRA, 2006).

Como qualquer metodologia ativa, a Aprendizagem Baseada em Projetos estabelece o discente como agente ativo no processo de ensino-aprendizagem, que envolve a investigação do problema, o registro dos dados, a formulação de hipóteses, as tomadas de decisões e a resolução do problema, estimulando, desse modo, que o aluno se torne “sujeito do seu próprio conhecimento” (OLIVEIRA, 2006, p. 13).

Assim, o processo de aprendizagem é dirigido pelo próprio estudante, fundamentando-se em “experimentação prática e na vivência intelectual, sensorial e emocional do conhecimento” (OLIVEIRA, 2006, p. 6). O professor, por outro lado, atua como tutor e orientador dos interesses dos alunos (BENDER, 2014).

2.2.2.1 Fundamentos

John Dewey (1959), pioneiro da atual concepção de ABP, indica quatro condições para que um projeto seja educativo:

- a) provocar interesse do aluno pelo tema, que deve ter algum significado para o indivíduo;

- b) possuir valor intrínseco, no sentido em que os estudantes sintam como uma atividade que valha a pena ser feita;
- c) despertar curiosidade que requeira a busca de informações ao longo do desenvolvimento do projeto;
- d) durar um tempo adequado para a execução completa e efetiva das atividades.

Tendo em vista que um dos principais objetivos da utilização da Aprendizagem Baseada em Projetos é a articulação dos conhecimentos escolares de forma que extrapolem a rigidez das organizações preestabelecidas pelo sistema educacional (HERNÁNDEZ; VENTURA, 1998), evidencia-se a necessidade de um planejamento coerente e estruturado para que o estudante substitua a visão empirista da educação pela perspectiva construtivista da resolução de problemas (OLIVEIRA, 2006).

A fim de realizar esse planejamento, Bender (2014) indica três critérios para a concepção de um projeto na ABP, sendo eles:

- a) a elaboração de um currículo que considere as habilidades cognitivas e ênfase no conhecimento;
- b) o desenvolvimento de um processo de aprendizagem centrado no aluno, com a formação de pequenos grupos de trabalho, em que os professores atuem como facilitadores;
- c) a construção do processo buscando como resultado a motivação pela aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades.

Do mesmo modo, Thomas (2000 *apud* PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017) apresenta cinco critérios para o planejamento de um projeto:

- a) centralidade, de modo que seja através do projeto que os alunos compreendam os conceitos centrais do conteúdo a ser estudado, colocando a ABP como estratégia central de ensino;
- b) questão motriz, com problemas que englobem os princípios e conceitos do conteúdo;
- c) investigações construtivas, para que ocorra a ressignificação e construção do conhecimento, desenvolvendo-se novas habilidades;

- d) autonomia, com os estudantes tendo um papel ativo e determinante no processo de construção e desenvolvimento do projeto;
- e) realismo, trabalhando com temas que façam parte da realidade dos alunos para que o processo seja motivador e a aprendizagem significativa.

Já Barron *et al.* (1998 *apud* PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017) defendem a construção de um currículo baseado em projeto fundamentado em quatro princípios de *design*:

- a) metas de aprendizagem apropriadas;
- b) apoio instrucional por parte do professor;
- c) oportunidades frequentes para a autoavaliação formativa;
- d) desenvolvimento de estruturas sociais que promovam a participação do estudante.

Pode-se perceber que apesar de diferentes perspectivas, formatos e fundamentos, os autores concordam quanto à necessidade de elaboração de um projeto que leve em conta a realidade e as condições dos alunos, colocando-os como principais agentes na construção e ressignificação do conhecimento; assim como a concepção de que a aprendizagem está alicerçada em todo o processo de desenvolvimento do projeto, não se limitando ao produto final, corroborando a perspectiva de Hernández e Ventura (1998, p. 61) de que a

[...] função do projeto é favorecer a criação de estratégias de organização dos conhecimentos escolares em relação a: 1) o tratamento da informação, e 2) a relação entre os diferentes conteúdos em torno de problemas ou hipóteses que facilitem aos alunos a construção de seus conhecimentos, a transformação procedente dos diferentes saberes disciplinares em conhecimento próprio.

Considerando a estrutura do projeto, a fim de que esteja em consonância com os fundamentos da ABP, Bender (2014) estabelece algumas características essenciais que ele deve apresentar: âncora, trabalho em equipe cooperativo, questão motriz, *feedback* e revisão, investigação e inovação, oportunidades de reflexão, processo de investigação, resultados apresentados publicamente, voz e escolha do aluno.

A âncora atua como o ponto de partida do projeto, é um elemento que servirá para deixar os alunos interessados no tema, podendo ser uma pequena narrativa ou algo mais elaborado como vídeos, notícias e outros recursos; é um dos elementos mais importantes no projeto da ABP, pois proporciona a motivação dos estudantes para o processo de aprendizagem (BENDER, 2014).

Do mesmo modo, a questão motriz consiste no foco principal da ABP, visto que direciona a trajetória dos alunos no projeto. Bender (2014) comenta que essa etapa pode ser desenvolvida tanto pelo professor antes do início do projeto quanto pelos grupos de estudantes, caso seja pertinente para o andamento da proposta.

Outro ponto defendido pelo autor como essencial para a efetividade da ABP é a voz do aluno, visto que seu poder de escolha dentro do projeto possibilita um maior engajamento por parte dos estudantes, que se motivam no processo de aprendizagem, um dos objetivos da metodologia. O grau de autonomia dos alunos é determinado pelo professor ainda na etapa de planejamento do projeto, e deve levar em consideração o perfil dos estudantes, a trajetória da proposta e o tema a ser abordado.

Quanto aos processos de investigação, destaca-se a ampla variedade de procedimentos de ensino que podem ser utilizados na ABP, como vídeos de ensino, laboratório e demonstrações, modelagem, mini lições, palestrantes convidados, discussões em grupo, mapas semânticos, entre outros (BENDER, 2014). Nesse aspecto, é importante ressaltar que os alunos necessitam de uma certa estrutura para o desenvolvimento do projeto que deve ser apresentada aos estudantes ainda no início da proposta; contudo, muitas atividades de ensino acabam surgindo ao longo do projeto, justamente pela autonomia dos discentes nessa metodologia.

Em relação à inovação e à investigação, essas habilidades devem ser estimuladas pelo professor desde a apresentação da questão motriz e são trabalhadas ao longo de todo o projeto, por isso a importância do planejamento e da escolha dos processos de investigação, para que essas competências sejam desenvolvidas de maneira efetiva (BENDER, 2014).

Considerada por Bender (2014) uma das habilidades mais importantes a ser desenvolvida na ABP, saber trabalhar coletivamente prepara os estudantes tanto para o mercado de trabalho, quanto para a vivência interpessoal. Para o autor, essa competência vai muito além da formação de grupos de trabalho, caracterizando-se também pela distribuição de funções das tarefas considerando as habilidades de cada

um e a cooperação dos integrantes do grupo, além das reações nos momentos de conflito.

Característica marcante nas metodologias ativas, a reflexão sobre o próprio trabalho é defendida pelo autor como uma competência fundamental para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, além dos conhecimentos técnicos que serão ressignificados. Ao refletir sobre o processo de aprendizagem, os estudantes são estimulados a aperfeiçoar as abordagens, elaborando procedimentos inovadores; por isso deve iniciar junto à apresentação da âncora.

Além da reflexão, Bender (2014) indica que o *feedback*, tanto do professor quanto dos colegas, é crucial para o processo de aprendizagem na ABP. Esse *feedback* dentro da metodologia pode ser: formativo, quando ocorre durante o andamento do projeto, possibilitando aperfeiçoamentos e adaptações se necessário, e somativo, quando a avaliação ocorre ao fim do projeto.

Extrapolando os moldes do ensino tradicional com apresentações apenas para a turma, o autor prevê também apresentações públicas dos resultados dos projetos. Como opções de formatos de apresentação o autor indica: publicações em jornais, apresentações em bibliotecas e clubes locais, reuniões com governanças locais, *website* da escola, *blogs* da turma, entre outros (BENDER, 2014).

Esse aspecto, além de incentivar o envolvimento dos alunos para a realização de um bom projeto, auxilia na utilização de outros formatos das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), aproximando ainda mais o ambiente escolar do ambiente virtual, tão familiar aos estudantes.

2.2.2.2 Etapas de um projeto de ensino na ABP

Conforme comentado anteriormente, quanto mais estruturado e planejado for o desenvolvimento da aprendizagem através de projetos, mais eficaz se torna o ensino. Em vista disso, Dewey (1959, p. 216) defende que esse processo

[...] não é uma sucessão de atos desligados, mas uma atividade consecutivamente ordenada, na qual cada passo faz sentir a necessidade do seguinte, na qual cada passo enriquece e cumulativamente, impele para a frente o que o antecederá.

Desse modo, Bender (2014) elenca seis etapas que atuam como diretrizes no planejamento do professor, apresentadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Etapas em um projeto de ensino na ABP

Etapas	Atividades
Introdução e planejamento do projeto em equipe	Examinar a âncora; reflexão sobre a questão motriz; <i>brainstorming</i> com toda a turma; distribuição de tarefas; definição de metas e linha do tempo
Fase de pesquisa inicial: coleta de informações	Entrevistas com a população local; análise de outras fontes, digitais ou físicas; mini lições específicas sobre o tema; avaliação do formato das informações
Criação, desenvolvimento, avaliação inicial da apresentação	Desenvolvimento de um diário de bordo; <i>download</i> de vídeos e imagens; desenvolvimento das apresentações e produtos (iniciais); avaliações em grupo e formativa dos produtos
Segunda fase de pesquisa	Busca por informações adicionais para complementar e aprimorar os produtos; mini lições; revisão dos produtos e do diário de bordo com novas informações
Desenvolvimento da apresentação final	Revisões e acréscimos ao diário de bordo; considerar diferentes formatos (escrita, fala, vídeo, edição, arte)
Publicação do produto ou dos artefatos	Avaliação final da turma inteira, podendo haver avaliação de colegas; publicação do projeto ou dos produtos

Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 61).

2.2.2.3 Papel do professor e dos estudantes na ABP

Quanto às funções do professor e dos estudantes no processo da ABP, Hernández e Ventura (1998) definem sete atividades para os docentes e oito para os estudantes, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Papel do professor e dos estudantes na ABP

Funções do professor	Funções dos estudantes
<ol style="list-style-type: none"> 1. Especificar o fio condutor 2. Buscar materiais 3. Estudar e preparar o tema 4. Envolver componentes do grupo 5. Destacar o sentido funcional do Projeto 6. Manter uma atitude de avaliação 7. Recapitular o processo seguido 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escolher o tema 2. Planejar o desenvolvimento do tema 3. Participar da busca de informação 4. Realizar o tratamento da informação 5. Analisar os capítulos do índice 6. Realizar um <i>dossiê</i> de sínteses 7. Realizar a avaliação 8. Novas perspectivas

Fonte: Adaptado de Hernández e Ventura (1998, p. 69 e 74).

De forma semelhante, Bender (2014) estabelece que o novo papel do professor na metodologia desloca-se da posição de líder e passa a de facilitador, devendo incluir: avaliação dos materiais (textos, *sites* e outros recursos) utilizados pelos alunos durante todo o processo, sugestão de pessoas da comunidade a serem entrevistadas, suporte na definição dos cronogramas e planejamento das tarefas, fornecimento de mini lições que direcionem a proposta, orientação individual e coletiva para que ocorra um *feedback* constante, facilitação das discussões em grupo e avaliação das tarefas associada à avaliação dos alunos.

Já aos estudantes, o autor atribui as tarefas de:

- Fazer *brainstorming* sobre as possíveis soluções.
- Identificar uma série específica de tópicos para ajudar a coletar informações.
- Dividir responsabilidades sobre o recolhimento de informações.
- Desenvolver uma linha do tempo para o recolhimento de informações.
- Pesquisar por informações sobre o problema ou a questão.
- Sintetizar os dados coletados.
- Tomar decisões cooperativamente sobre como prosseguir a partir desse ponto.
- Determinar quais informações adicionais podem ser essenciais.
- Desenvolver um produto, ou múltiplos produtos ou artefatos, que permitam que os estudantes comuniquem os resultados de seu trabalho (BENDER, 2014, p. 24)

Tendo em vista o vasto conjunto de habilidades que devem ser desenvolvidas pelos alunos e pelo professor, vale salientar que o emprego da ABP é desafiador para todos os indivíduos envolvidos; contudo, esse tipo de metodologia possibilita um alto grau de autoconsciência e de significatividade em relação ao próprio processo de aprendizagem (BENDER, 2014; HERNÁNDEZ; VENTURA, 1998).

2.2.2.4 Processo avaliativo na ABP

Por promover o desenvolvimento de habilidades associadas à resolução de problemas, além dos conhecimentos técnicos, a ABP conta com um processo avaliativo mais amplo e com elementos alternativos aos das avaliações tradicionais (BENDER, 2014; MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008).

A avaliação permeia todas as etapas do processo e não tem apenas o aspecto quantitativo das avaliações tradicionais. Feita durante o processo, ela faz ajustes entre o ensino e aprendizagem, compara resultados alcançados com resultados esperados. Analisa como o conhecimento foi

sendo construído, as estratégias usadas pelos alunos para aprender e continuar aprendendo (OLIVEIRA, 2006, p. 14).

Com o objetivo de analisar o aperfeiçoamento das habilidades trabalhadas pelos alunos, na ABP o plano de avaliação é composto por métodos diferentes, considerando, em cada etapa, o produto e a competência a ser desenvolvida (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008). Bender (2014) enfatiza que esse processo deve considerar: a compreensão aprofundada dos conceitos, a autorreflexão, a avaliação dos colegas, individual e coletivamente, assim como a avaliação dos portfólios produzidos pelos estudantes.

Percebe-se, portanto, que as etapas avaliativas devem ser divididas, para contemplar uma análise completa e adequada de modo a proporcionar uma avaliação cumulativa de todo o processo (BENDER, 2014).

Um dos procedimentos mais citados pelos autores, e apresentado por Bender (2014) como ferramenta de avaliação mais importante na ABP, é o método das rubricas – denominado por Markham, Larmer e Ravitz (2008) como roteiros de avaliação – que consiste em um guia de pontuação, onde será avaliado o nível de desempenho dos estudantes na elaboração das tarefas e na construção dos produtos.

Uma rubrica, ou roteiro de avaliação, lista os critérios específicos esperados e avaliados em uma tarefa, apresentando uma grade com os itens e objetivos da tarefa, associados aos níveis de desempenho em cada item (BENDER, 2014).

As rubricas são divididas em dois tipos: holísticas, quando consideram o desenvolvimento geral do trabalho, e analíticas, quando apresentam múltiplos indicadores para a análise e autorreflexão dos objetivos de cada tarefa (BENDER, 2014). Markham, Larmer e Ravitz (2008) recomendam o emprego de roteiros analíticos, visto que facilitam o entendimento do aluno sobre o que se espera dele no desenvolvimento da tarefa, assim como proporcionam informações suficientes para que os estudantes avaliem seus trabalhos, buscando o aperfeiçoamento das habilidades.

O desenvolvimento desses roteiros deve ser feito ainda na fase de planejamento do projeto. Para elaborar cada etapa da avaliação, o professor deve ter em mente a finalidade de cada tarefa, assim como do projeto como um todo (BENDER, 2014). Além disso, os alunos devem ter acesso aos roteiros desde o início do projeto, podendo, caso seja pertinente, influenciar nessa construção (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008).

Segundo Markham, Larmer e Ravitz (2008), roteiros eficazes devem:

- a) ter como base uma análise do trabalho estudantil;
- b) discriminar o desempenho dos estudantes focando nas suas características centrais;
- c) proporcionar uma classificação útil e adequada, permitindo uma análise precisa;
- d) ser descritivos de modo a possibilitar que os estudantes confirmem sua pontuação;
- e) fornecer indicadores confiáveis para orientar os alunos em cada nível de desempenho.

Os autores também citam critérios que podem ser considerados, adaptados à cada tarefa, na construção do roteiro, como impacto do desempenho, qualidade do trabalho e perícia, adequação de métodos e comportamentos, validade do conteúdo e sofisticação do conhecimento utilizado (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008).

Escrever descrições de trabalhos estudantis proficientes com clareza exige uma análise ponderada, preparação de várias versões e estudos-pilotos. Mas a compensação é substancial. O uso de roteiros aumenta o senso de justiça dos alunos em relação às notas e reduz as objeções a elas (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008, p. 66).

A elaboração do processo de avaliação é uma das tarefas mais desafiadoras para o docente na ABP, uma vez que se deve considerar as competências desenvolvidas e habilidades que vão além dos conteúdos curriculares; contudo, um roteiro avaliativo bem construído proporciona um *feedback* constante aos estudantes, favorecendo a autorreflexão e potencializando o processo de aprendizagem com a metodologia ativa (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008).

2.2.2.5 ABP e o ensino de Física

A Aprendizagem Baseada em Projetos apresenta-se como uma metodologia capaz de envolver os alunos em ações investigativas para além da sala de aula, estimulando a motivação e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Esses aspectos associados à metodologia mostram-se pertinentes e

desejáveis em disciplinas consideradas difíceis e com baixo grau de engajamento dos estudantes, como a Física (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

A ideia de trazer elementos da metodologia ABP para a escola, no ensino de Física, é pouco estudada, possivelmente em virtude da necessidade de adaptação e capacitação dos professores atuantes. Contudo, nas experiências relatadas sobre a aplicação da metodologia nas aulas de Física do Ensino Médio, é possível perceber as oportunidades dessa inserção no processo de aprendizagem de conteúdos técnicos, além do desenvolvimento de habilidades cognitivas diversas.

Oliveira (2019) compartilha o relato de alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, da rede estadual, no município de Barra Mansa, Rio de Janeiro, sobre a experiência com a ABP no estudo de lançamento de projéteis:

[...] “me surpreendi muito com as habilidades que eu e meu time adquirimos nesse bimestre.” [...]

[...] “foi muito importante para mim porque antes eu nem tinha ideia de como calcular as coisas que eu aprendi e hoje sei como calcular isso que eu aprendi” [...]

[...] “O projeto possui um interessante método de aprendizado, pois testa muito de nossos conhecimentos críticos e de trabalho em equipe pois para que o projeto fosse completado cada integrante do grupo não apenas se envolveu como se comprometeu com o projeto. Assim, cada integrante com a sua parte e adquirindo conhecimentos ao longo do trabalho, aprendendo o funcionamento e desenvolvendo ideias” (OLIVEIRA, 2019, p. 74).

O autor relata que os estudantes citaram as atividades práticas, saída do ambiente de sala de aula e atividades em grupo como fatores que contribuíram para a aceitação da metodologia ativa no processo de aprendizagem (OLIVEIRA, 2019).

Já Ricardo (2019), que explorou a ABP através de 4 projetos sobre a análise espectroscópica da luz emitida por diferentes modelos de lâmpadas e telas LED e a influência de vidros e películas na iluminação natural – com turmas do terceiro ano do Ensino Médio, em duas escolas também da rede pública no estado do Rio de Janeiro –, comenta sobre a ABP possibilitar ao aluno ocupar uma posição mais ativa no desenvolvimento dos saberes, ao construir produtos de conhecimento, apresentá-los e sistematizar os resultados, aproximando os estudantes das vivências científicas.

Um fator interessante apresentado nos relatos deste autor foi a evolução cognitiva dos alunos, que inicialmente apresentavam dificuldades para relacionar os dados obtidos nas práticas com as pesquisas conceituais feitas na *internet*; mas que ao longo do projeto, e por meio da orientação do professor, foram capazes de

desenvolver conclusões que correlacionavam as várias fontes de informação, atingindo, portanto, os objetivos da metodologia.

Além disso, a etapa de comunicação dos resultados também contribuiu para o aperfeiçoamento de habilidades cognitivas relacionadas à estruturação e à organização dos dados obtidos, assim como o emprego de uma linguagem informativa e acessível (RICARDO, 2019).

Tanto Oliveira (2019) quanto Ricardo (2019) enfatizam o maior envolvimento dos estudantes com a Física, obtendo assim melhores resultados na compreensão dos conteúdos curriculares, além da elevação da autoestima em relação à disciplina durante os projetos. Segundo Oliveira (2019, p. 79), os resultados atingidos “[...] se alinham com a proposta de ensino na medida em que se aprendeu fazendo, possibilitou exercitar e desenvolver atitudes e habilidades interpessoais, desenvolver a resolução de problemas reais e por fim o pensamento crítico”.

Oliveira (2019) comenta também que, além de estimular a alfabetização científica, o uso da metodologia promoveu uma maior integração entre os alunos e as atividades escolares.

2.3 EXPERIMENTAÇÃO NAS AULAS DE FÍSICA

A BNCC, documento essencial para o desenvolvimento de um plano de ensino em consonância com as diretrizes educacionais atuais, prevê, para a área de Ciências da Natureza no Ensino Médio, uma abordagem investigativa dos conteúdos que promova o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem, ao passo que os aproxima dos procedimentos através dos quais o conhecimento científico é desenvolvido (BRASIL, 2018).

A Base define que os processos e práticas de investigação no Ensino Médio devem se desenvolver

[...] a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Dessa maneira, intensificam-se o diálogo com o mundo real e as possibilidades de análises e de intervenções em contextos mais amplos e complexos (BRASIL, 2018, p. 551).

Ao considerar-se a Física como uma ciência experimental, é possível perceber a oportunidade de impulsionar o interesse dos alunos pelo conhecimento através de

processos experimentais, possibilitando assim uma aprendizagem ativa significativa, que auxilia no desenvolvimento e ampliação do universo cognitivo e seus mecanismos intelectuais (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; BATISTA, 2009).

A dificuldade dos alunos de Ensino Médio na aprendizagem de Física e a aversão irracional a essa ciência são elementos recorrentes em sala de aula, o que prejudica intensamente o processo de ensino e aprendizagem (SANTOS; DICKMAN, 2019).

Historicamente, o ensino de Física na Educação Básica consiste na apresentação sistemática de conteúdos, através de aulas expositivas fundamentadas no livro didático, e na resolução mecânica de exercícios, com pouca ou nenhuma atividade prática que auxilie na compreensão dos conceitos físicos envolvidos (BATISTA, 2009; GONÇALVES; ARAUJO; RODRIGUES, 2020). Dessa forma, segundo Fiolhais e Trindade (2003, p. 259 *apud* SANTOS; DICKMAN, 2019, p. 2), “entre as razões do insucesso na aprendizagem em Física são apontados métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes, assim como a falta de meios pedagógicos modernos”.

Morini, Veit e Silveira (2010) atribuem a dificuldade em superar o paradigma de ensino tradicional para um ensino mais participativo à baixa formação docente em metodologias alternativas de ensino e à inexistência de laboratórios de ensino de Física na maioria das escolas públicas.

Planejar e executar uma aula experimental não é uma tarefa simples. Exige empenho e conhecimento do professor, maior tempo para preparação das aulas e material disponível. Embora a maioria das escolas não tenha estrutura para atividades experimentais, o professor pode criar condições para que aconteçam. [...] Há experimentos simples em todas as áreas da Física, muitos deles com caráter lúdico, que podem transformar o ambiente de sala de aula, despertando o interesse dos alunos e motivando-os a aprender por meio de discussões a respeito do fenômeno apresentado (SANTOS; DICKMAN, 2019, p. 11).

Assim, Santos e Dickman (2019) justificam que a ausência de procedimentos experimentais contribui para o aumento do desinteresse dos estudantes nas aulas de Física, impossibilitando a mobilização dos conhecimentos teóricos nas atividades práticas.

Em contraponto, as aulas práticas entram no processo de aprendizagem com a função de incentivar os alunos a entenderem, questionarem e a relacionarem os conceitos teóricos com aplicações práticas. Além desses princípios básicos, os

discentes ainda exercitam as capacidades cognitivas de observação científica, interpretação e análise de fenômenos, assim como desenvolvem o aprender e o pensar por si mesmos (PARREIRA; DICKMAN, 2020).

Ao avaliar o processo de experimentação em sala de aula, Parreira e Dickman (2020) elencam dez objetivos da utilização de atividades experimentais destacados por professores:

1. Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. Desenvolver habilidades manipulativas;
4. Treinar resolução de problemas;
5. Adaptar as exigências das escolas;
6. Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação chegando a seus princípios;
9. Motivar e manter o interesse na matéria;
10. Tomar os fenômenos mais reais por meio da experiência (PARREIRA; DICKMAN, 2020, p. 2).

Além disso, Batista (2009) defende que a utilização de atividades experimentais é fundamental para o desenvolvimento do pensamento científico, sobretudo no ensino de Física, visto que o entendimento da natureza que nos cerca é um fundamento essencial para a formação da cidadania de um indivíduo (GONÇALVES; ARAUJO; RODRIGUES, 2020).

Para Canalle (*apud* MEES; ANDRADE; STEFFANI, 2005), um professor que desenvolve um experimento com os alunos diferencia-se daquele que não faz nada, motiva o aluno a fazer parte das explicações, consolida o próprio conhecimento e melhora as condições para entenderem o conteúdo proposto; além de estimular uma relação de mais respeito, atenção e admiração, tendo em vista que os alunos percebem a preocupação do docente em criar um ambiente pedagógico mais flexível e favorável à aprendizagem, retribuindo assim, essa dedicação.

2.3.1 Experimentação com materiais de baixo custo

Um dos principais argumentos utilizados por professores de Física para justificar a ausência de aulas práticas é a escassez de materiais de laboratório, assim como a infraestrutura precária das escolas. Melo (2011) aponta que muitas vezes essa alegação disfarça a falta de familiaridade dos docentes com atividades experimentais simples.

A experimentação com materiais de baixo custo busca justamente contornar esses obstáculos, promovendo o acesso à prática científica mesmo em regiões carentes, assim como aproximando mais os alunos do conteúdo abordado (D'ÁVILA, 1999).

Materiais alternativos ou de baixo custo são caracterizados por D'Ávila (1999, p. 28) como

simples, baratos e de fácil aquisição. São materiais que facilitam o processo ensino-aprendizagem, porém não proporcionam informações. São utilizados como meios e são necessários no laboratório e em sala de aula, para a realização dos trabalhos experimentais, indispensáveis no ensino de Física.

A utilização de materiais alternativos e de baixo custo, além de democratizar o ensino de Física, ainda estimula o desenvolvimento da criatividade nos estudantes, que já apresentam dificuldades em trabalhar com a imaginação como resultado da inserção em uma sociedade de consumo onde tudo é apresentado pronto e com respostas imediatas (MELO, 2011).

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve os métodos empregados no projeto de pesquisa – assim como a caracterização da amostra, a estrutura da proposta didática e o seu respectivo processo avaliativo – implementado em duas turmas da 2ª série do Ensino Médio, sobre o olho humano e distúrbios visuais, no componente curricular de Física.

Na pesquisa científica, um dos aspectos fundamentais no desenvolvimento do estudo é a definição da metodologia adequada. Já tendo sido estabelecido o tipo e a natureza da pesquisa, é essencial que o pesquisador defina o método mais adequado de abordagem e análise dos dados, para que o resultado do estudo esteja alinhado com seus objetivos iniciais (GIL, 2022).

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação, uma vez que nessa metodologia o pesquisador se envolve ativamente no contexto da pesquisa, interferindo e modificando o meio, não apenas observando fatos, mas participando dos acontecimentos, bem como é considerada “[...] a voz do sujeito, sua perspectiva, seu sentido, mas não apenas para registro e posterior interpretação do pesquisador: a voz do sujeito fará parte da tessitura da metodologia da investigação” (FRANCO, 2005, p. 4).

Diante disso, a abordagem de pesquisa está associada a um contexto dinâmico, com procedimentos flexíveis que se adaptam aos eventos que vierem a acontecer, sendo importante, portanto, a comunicação entre pesquisador e participantes (FRANCO, 2005).

Definido como uma pesquisa de campo de caráter exploratório, o projeto é caracterizado como indutivo quanto ao método de abordagem, visto que se planeja obter, através dos resultados da amostra, um conhecimento mais generalizado da efetividade da proposta didática (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). Além disso, considerando a fundamentação metodológica para a construção do projeto, parte da coleta de dados é composta pela pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2, sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, metodologias ativas para o ensino de Física, em particular, a Aprendizagem Baseada em Projetos, bem como a experimentação nas aulas de Física e o uso de materiais de baixo custo.

Para o desenvolvimento das técnicas de análise dos resultados, é necessário também estabelecer qual a natureza dos dados obtidos, visto que:

“[...] o objeto em estudo é o fator determinante para a escolha de um método, e não o contrário. Os objetos não são reduzidos a simples variáveis, mas sim representados em sua totalidade, dentro de seus contextos cotidianos. Portanto, os campos de estudo não são situações artificiais criadas em laboratório, mas sim práticas e interações dos sujeitos na vida cotidiana” (FLICK, 2009, p. 24).

Por se tratar de uma pesquisa-ação exploratória, em relação à natureza dos dados obtidos, a pesquisa é quantitativa e qualitativa, justamente em virtude dos objetos estudados, que são o grau de compreensão dos estudantes sobre determinados conteúdos, assim como a eficácia da metodologia ativa, além do engajamento dos alunos com a proposta.

[...] a pesquisa quantitativa tem a força de conceituar variáveis, desenhar o perfil de dimensões, traçar tendências e relações, formalizar comparações e usar amostras amplas e talvez representativas. Por outro lado, a pesquisa qualitativa tem a força de ser sensível ao significado e ao contexto, ter solidez local, estudar profundamente amostras menores e ter grande flexibilidade metodológica para estudar processo e mudança. Considerações como essas sugerem que os métodos qualitativos podem ser fortes nas áreas em que os métodos quantitativos são fracos e, similarmente, que os métodos quantitativos podem ser fortes nas áreas em que os métodos qualitativos são fracos. Combinar os dois métodos, portanto, oferece a possibilidade de combinar esses dois conjuntos de pontos fortes e compensar os pontos fracos (PUNCH, 2021, cap. 14).

Nas subseções a seguir, são caracterizadas a amostra e a escola onde o projeto de pesquisa foi executado, assim como a estrutura e o cronograma da proposta didática do projeto em questão. Por fim, está descrito o processo avaliativo, segundo os princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA E DAS TURMAS

A escola COOPEC (Cooperativa de Profissionais em Educação de Canela), escolhida para a realização do projeto de pesquisa, foi fundada em 31 de outubro de 2002, estando localizada no centro da cidade de Canela, na Rua Melvin Jones, número 151, próxima à Estação Campos de Canela e à Casa de Pedra – dois marcos turísticos da cidade. Além de atender à Educação Básica, também sedia o Polo EAD da Unisinos.

É um dos dois colégios privados da cidade, e conta com alunos de diferentes classes sociais. Quanto ao perfil dos estudantes, muitos deles ingressam na etapa do Ensino Médio, tendo cursado o Ensino Fundamental em escolas públicas.

A escola tem 715 alunos, distribuídos em 33 turmas, sendo 3 de educação infantil (pré-escola), 24 de Ensino Fundamental (1º ano ao 9º ano) e 6 de Ensino Médio (da 1ª série à 3ª série).

A estrutura física da escola conta com 17 salas de aula, sendo em sua maioria ocupadas em dois turnos diurnos, 5 salas específicas para a parte administrativa e pedagógica da instituição, ginásio coberto e pátio externo amplo, espaço para cantina, com atendimento terceirizado, 3 conjuntos de banheiros (feminino e masculino) e um destinado à acessibilidade, salão de atos, sala de informática, laboratório de ciências e biblioteca com amplo acervo literário.

Todas as salas de aula possuem quadro negro com giz (que é disponibilizado pela escola), cabo para conexão direta com a *internet* e a maior parte das salas possui projetor, há também 3 aparelhos avulsos para que os professores utilizem nas salas de aula que não contam com o recurso.

A escolha da escola para a aplicação do projeto de pesquisa se deu por se tratar do estabelecimento de ensino em que a autora já lecionava Física, sendo a professora titular deste componente curricular nas seis turmas do Ensino Médio, desde agosto de 2021 até dezembro de 2022.

O projeto de pesquisa foi realizado com duas turmas (A e B) da 2ª série do Ensino Médio, cada uma com 23 alunos. A escolha destas turmas ocorreu devido à convergência do tema do projeto com o conteúdo curricular dessa série.

3.2 ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA

A presente proposta didática é composta por 2 etapas: a primeira parte, fundamentada na Aprendizagem Significativa de Ausubel, consistiu na aplicação de 2 períodos (de 50 minutos) de aula sobre refração e lentes, cujo planejamento encontra-se na seção 4.1; e a segunda parte, com duração de 6 semanas, contemplou o desenvolvimento de um projeto sobre o olho humano e distúrbios oculares, seguindo os princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos, detalhada na seção 4.2.1.

O cronograma de síntese das atividades encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Cronograma de atividades do projeto

Semana	Atividades previstas
1	Aula sobre refração da luz e lentes.
2	Apresentação do projeto, cronograma e critérios avaliativos, divisão dos grupos e distribuição de tarefas.
3	Pesquisa, apresentação e publicação sobre estruturas do olho humano.
4	Entrevista com profissionais da área de ótica e oftalmologia, pesquisa sobre incidência de distúrbios oculares e construção de maquete do olho humano.
5	Palestra com oftalmologista.
6	Experimentação com lentes de gelatina e “tradução” de receita oftalmológica.
7	Autoavaliação e avaliação dos colegas. Formulário de análise do projeto. Conclusão do projeto.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 PROCESSO AVALIATIVO

Este subcapítulo contém o processo avaliativo discente, assim como o método de avaliação da proposta didática.

3.3.1 Avaliação discente

Na escola, o sistema de avaliação, que se dá de maneira processual e contínua, divide o ano letivo em 3 trimestres, cada um deles tendo uma nota de zero a 100. A nota final anual é dada a partir da média ponderada das notas trimestrais, tendo o último trimestre peso duplo. A média, valor mínimo para aprovação, é 60 pontos e somente as notas de provas podem ser recuperadas.

A proposta didática apresentada neste trabalho – cuja aplicação se deu no terceiro trimestre e, portanto, teve peso duplo na nota anual – contou com um processo avaliativo composto por duas notas de 0 a 100. A partir dessas duas notas e da nota de uma prova sobre fenômenos ondulatórios, realizada anteriormente ao projeto, foi feita a média aritmética para obtenção da nota do último trimestre. O projeto, portanto, consistiu em dois terços da nota trimestral e não foi passível de recuperação, conforme as diretrizes avaliativas da escola.

A primeira nota do projeto englobou as quatro tarefas que o compõem, cada uma valendo 25 pontos. As tarefas 1, 2 e 4 foram avaliadas através das rubricas – às

quais os grupos tiveram acesso desde o início do projeto – que contemplaram as habilidades e os aspectos conceituais desenvolvidos em cada etapa, além de publicações no *Instagram*. A tarefa 3, de experimentação com lentes de gelatina e análise de receita oftalmológica, foi avaliada através do relatório de experimentação que cada grupo entregou.

Já a segunda nota foi composta pela autoavaliação individual, autoavaliação do grupo, avaliação dos colegas, observações do professor e considerações do diário de bordo, sendo constituída da seguinte forma:

- a) 30 pontos de avaliação dos colegas, em que cada grupo respondeu a um questionário, avaliando o desempenho dos outros grupos;
- b) 30 pontos correspondentes aos questionários de autoavaliação individual e autoavaliação do grupo;
- c) 40 pontos correspondentes à participação, engajamento e dedicação do aluno, avaliados pelas observações do professor em sala de aula e nos grupos de *WhatsApp*, assim como as considerações no diário de bordo.

Todos os instrumentos avaliativos do projeto, rubricas, roteiro de experimentação e questionários de avaliação são apresentados detalhadamente na seção 4.2.

3.3.2 Avaliação da proposta didática

Considerando os aspectos qualitativos e quantitativos da aplicação da metodologia ABP, para a avaliação da proposta didática foram consideradas as respostas dos estudantes a um questionário (descrito na seção 4.2.4) – composto por 2 partes: a primeira avaliando a aprendizagem dos alunos sobre o tema do trabalho e a segunda considerando a percepção dos estudantes sobre a metodologia e o desenvolvimento do projeto – que foi aplicado na última semana, através do *Google Forms*, para avaliar a efetividade da metodologia em relação ao engajamento e à motivação dos alunos na construção dos conhecimentos sobre o tema.

Além disso, foi considerado todo o processo de desenvolvimento do projeto, bem como o comprometimento e o empenho dos estudantes na realização das tarefas registrados em um diário de bordo do professor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos através da realização deste trabalho, que consistem nos materiais produzidos para o desenvolvimento da proposta didática, assim como os dados e relatos referentes à aplicação desses instrumentos.

O capítulo contempla, portanto, o plano de aula sobre refração da luz e lentes, o projeto sobre a Física do olho humano e distúrbios oculares – baseado na metodologia ABP – e a atividade de experimentação com lentes de gelatina, bem como os instrumentos avaliativos discentes e do projeto. Além dos resultados, também foram desenvolvidas as análises e discussões, a partir dos referenciais teórico e metodológico, analisando os aspectos pedagógicos e verificando as potencialidades didáticas do ensino através da ABP.

4.1 AULA SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ E LENTES

Correspondendo ao primeiro resultado do presente trabalho, nessa seção é apresentado o plano de aula sobre refração da luz e lentes, bem como o relato de sua aplicação em duas turmas de 2ª série do Ensino Médio.

4.1.1 Plano de aula sobre refração da luz e lentes

Nas subseções a seguir são explicitados os elementos que compõem o plano de aula desenvolvido sobre refração e lentes.

4.1.1.1 Dados de identificação

Nome da instituição: COOPEC – Colégio Cidade das Hortênsias

Nível: Ensino Médio

Componente curricular: Física

Carga horária: 2 períodos de 50 minutos

Série: 2ª série

Ano: 2022

4.1.1.2 Objetivo geral

Compreender o fenômeno da refração luminosa e o funcionamento das lentes.

4.1.1.3 Objetivos específicos

- Compreender o fenômeno da refração luminosa;
- definir o conceito de índice de refração;
- aplicar a Lei de Snell para encontrar grandezas físicas envolvidas no fenômeno da refração;
- conhecer as propriedades das lentes, sendo capaz de identificar os tipos de lentes e seus elementos;
- compreender o conceito de vergência e reconhecer a diopia como elemento do cotidiano das pessoas que utilizam óculos.

4.1.1.4 Conteúdo programático

- Refração da luz;
- leis da refração;
- Lei de Snell;
- lentes esféricas e seus elementos;
- vergência.

4.1.1.5 Metodologia, recursos didáticos e desenvolvimento do conteúdo¹

Baseando-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a aula expositiva e dialogada deve buscar conectar os conceitos mais abstratos à realidade dos alunos, através de uma linguagem mais acessível e emprego de analogias e exemplificações cotidianas.

A aula, ministrada de forma presencial, prevê o uso do quadro negro para apresentar o conteúdo, assim como o emprego do livro didático dos estudantes para mostrar e analisar algumas ilustrações.

¹ Na seção 4.1.1.5, os procedimentos metodológicos foram descritos em itálico.

Inicia-se a aula lembrando a refração, estudada anteriormente, através da analogia de um triciclo infantil subindo obliquamente em um tapete felpudo. Atuando como um subunçor, esse exemplo, empregado previamente na aula sobre fenômenos ondulatórios, estabelece a relação entre as velocidades de deslocamento no chão e no tapete com a trajetória do triciclo.

Passa-se então à revisão dos conceitos estudados anteriormente, como velocidade de propagação – e sua relação com o meio – e o princípio da trajetória retilínea da luz, para acrescentar os princípios óticos do fenômeno e o conceito de índice de refração, além da equação para sua determinação.

Refração da luz

Refração é o fenômeno pelo qual a luz, ao passar de um meio de propagação para outro, diferente do primeiro, altera, necessariamente, o módulo de sua velocidade de propagação.

Pode-se enxergar um objeto através de uma substância transparente, como uma lente, uma placa de vidro ou uma porção de água, em decorrência da refração, conforme a Figura 1. Esse fenômeno é responsável pelo funcionamento das lentes, de alguns aparelhos de observação e de projeção e, também, pelo funcionamento dos instrumentos que usam a fibra ótica, para citar apenas alguns exemplos.

Figura 1 – Exemplo de refração da luz



Fonte: Guimarães, Piqueira e Carron (2016, p. 217).

A grandeza que caracteriza a influência de um dado meio na velocidade de propagação da luz, de certa frequência, é o índice de refração absoluto (n) da substância. Esse índice é definido como a razão entre as velocidades da luz no vácuo (c) e na substância (v), ou seja:

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

Desse modo, o índice de refração absoluto do vácuo é $n = 1$. A Figura 2, a seguir, mostra os valores aproximados dos índices de refração absolutos de alguns meios (para a luz amarela do sódio). Os valores podem variar com as impurezas e com as misturas contidas no material e, para os fluidos, também com a temperatura.

Figura 2 – Tabela com os índices de refração de alguns materiais

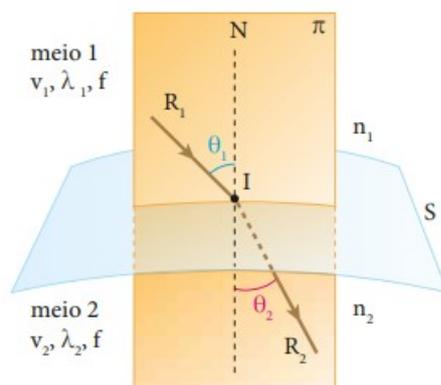
Material	n
Ar seco (0 °C; 1 atm)	1,000292
Gás carbônico (0 °C; 1 atm)	1,00045
Gelo (-8 °C)	1,310
Água (20 °C)	1,333
Etanol (20 °C)	1,362
Tetracloroeto de carbono	1,466
Glicerina	1,470
Monoclorobenzeno	1,527
Vidros	de 1,4 a 1,7
Diamante	2,417
Sulfeto de antimônio	2,7

Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 226).

Questiona-se, então, os alunos a respeito da pesca com lança, estimulando uma discussão sobre a ideia de altura aparente. Encoraja-se os estudantes a descobrirem se é preciso “mirar” numa região mais acima ou mais abaixo do peixe, considerando os conhecimentos prévios sobre o comportamento da onda ao passar de um meio mais refringente (água) para um menos refringente (ar). Relacionando com as ilustrações presentes no livro didático dos alunos, explica-se o comportamento dos raios de luz nessa mudança de meio de propagação.

Quando um feixe de luz incide em uma substância, ele sofre, na maioria das vezes, refração, reflexão e absorção. A Figura 3 mostra um raio de luz que passa do ar (meio 1) para o vidro (meio 2). Observa-se, nesse caso, que os raios incidente e refratado têm direções diferentes.

Figura 3 – Representação do comportamento de um raio luminoso ao ser refratado



Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 227).

Na Figura 3, tem-se, respectivamente:

- R_1 como o raio incidente;
- R_2 como o raio refratado;
- I como o ponto de incidência;
- N como a reta normal, perpendicular à superfície S passando por I;
- θ_1 como o ângulo de incidência, determinado pelo raio incidente e pela reta normal;
- θ_2 é o ângulo de refração, determinado pelo raio refratado e pela reta normal.

Leis da Refração

O fenômeno da refração é regido pelas duas leis seguintes:

1ª Lei da Refração: O raio incidente, o raio refratado e a reta normal traçada pelo ponto de incidência estão contidos no mesmo plano.

2ª Lei da Refração (Lei de Snell): A razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante para cada dioptra e para cada luz monocromática. A Lei de Snell é expressa por:

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2$$

Em seguida, começa-se com o estudo das lentes, utilizando como subsunções as experiências prévias que os estudantes têm com óculos e lupas.

Com uma lupa em mãos, pergunta-se aos alunos se já ouviram falar que é possível acender uma fogueira com uma lupa. Considerando as respostas obtidas,

inicia-se as explicações sobre o conceito de lente, seus elementos e suas classificações, exemplificando, com a lupa, a concepção de distância focal.

Lentes

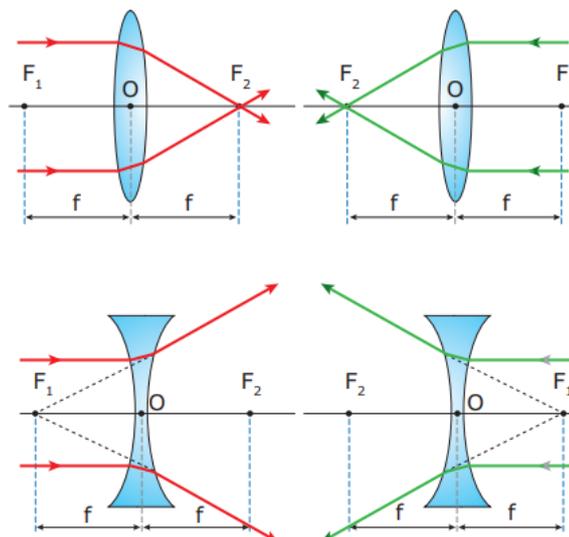
Uma lente é um objeto transparente, limitado por duas superfícies refratoras com um eixo central em comum. Quando a lente está imersa no ar, a luz é refratada ao penetrar na lente, atravessa a lente, é refratada uma segunda vez e volta a se propagar no ar. As duas refrações podem mudar a direção dos raios luminosos. Chama-se lente esférica a associação de dois dioptrios: um necessariamente esférico e o outro plano ou esférico.

As lentes são os dispositivos óticos de maior aplicação prática. Basta observar a quantidade de pessoas que delas se utilizam para corrigir anomalias da visão. Além disso, são vastas as aplicações em instrumentos óticos, como máquinas fotográficas, microscópios, lunetas, projetores de slides, etc.

Elementos principais de uma lente

Uma lente apresenta dois focos (F_1 e F_2), um de cada lado da lente e sempre equidistantes dela (Figura 4). Isso significa que qualquer lente esférica delgada pode ser usada de qualquer um dos seus lados. O ponto central da lente é chamado de centro ótico e é representado pela letra O. A distância do foco ao centro ótico é a distância focal da lente (f).

Figura 4 – Elementos de uma lente esférica



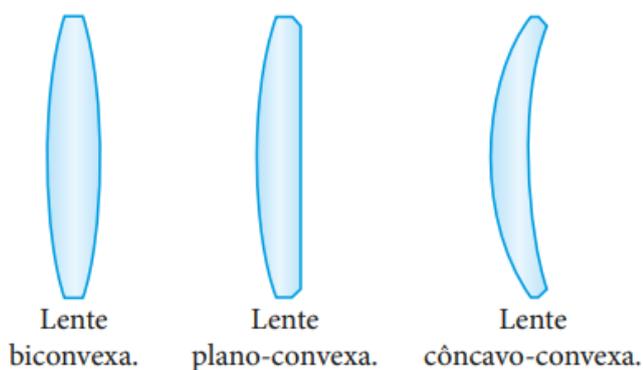
Fonte: Canto (2016?, p. 52).

Classificações:

As lentes esféricas classificam-se em duas grandes categorias, dependendo da espessura da região periférica comparada à espessura da região central: lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas.

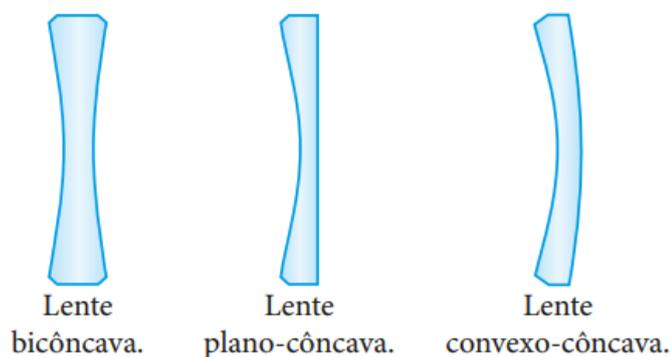
As Figuras 5 e 6 apresentam, respectivamente, os tipos de lentes de bordas finas e os tipos de lentes de bordas grossas.

Figura 5 – Tipos de lentes de bordas finas



Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 247).

Figura 6 – Tipos de lentes de bordas grossas



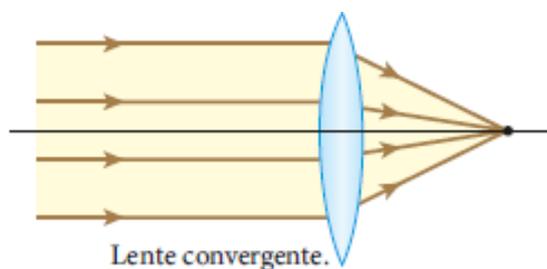
Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 247).

No decorrer da aula, passa-se, em seguida, ao estudo do comportamento dos raios de luz ao sofrerem a refração em cada tipo de lente. Nesse momento, utiliza-se lentes de gelatina e fontes LASER para demonstrar essas trajetórias específicas para lentes convergentes (atuando como uma representação do que acontece com a lupa) e divergentes.

As lentes esféricas podem apresentar dois comportamentos óticos opostos: comportamento convergente e comportamento divergente. No primeiro caso, raios de

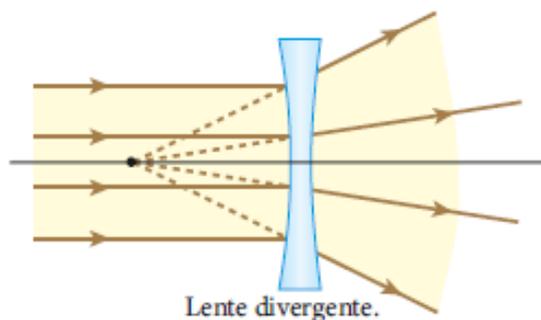
luz que incidem na lente paralelamente entre si se refratam com direções que convergem para um mesmo ponto, conforme a Figura 7. No segundo caso, raios de luz que incidem na lente paralelamente entre si se refratam com direções que divergem de um mesmo ponto, conforme a Figura 8.

Figura 7 – Comportamento dos raios de luz em uma lente convergente



Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 247).

Figura 8 – Comportamento dos raios de luz em uma lente divergente



Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 247).

A seguir, aborda-se o conceito de vergência, relacionando-a à utilização de óculos e ao emprego da expressão “graus” quando se faz referência a esse instrumento. Explora-se também a equação que determina a vergência da lente a partir de sua distância focal, enfatizando o sinal da distância focal e a sua relação com o tipo de lente. Aproveita-se para desenvolver, nessa etapa, os subsunçores que auxiliarão os alunos no desenvolvimento do projeto subsequente.

Vergência de uma lente (V):

É comum as pessoas avaliarem lentes como “fortes” ou “fracas”. Uma lente será tanto mais “forte” quanto maior for seu “poder” de alterar a trajetória da luz. Entretanto, essa é uma concepção simplista, já que existe uma grandeza física que

quantifica a capacidade que as lentes têm de desviar os raios luminosos. Trata-se da vergência (V), que é definida como o inverso da distância focal (f).

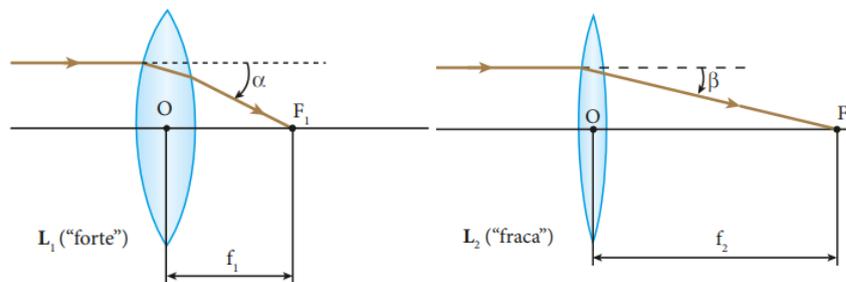
$$V = \frac{1}{f}$$

Nessa equação, deve-se ressaltar que:

- a unidade de medida da vergência é a dioptria (di) (chamada de “grau” da lente) e é igual a m^{-1} ;
- para se obter a vergência de uma lente em dioptrias, devemos usar a distância focal dela em metros;
- o sinal da distância focal determina o tipo de lente e, por isso, o sinal da sua vergência, de modo que: lente convergente $\rightarrow f > 0 \rightarrow V > 0$ (positiva) e lente divergente $\rightarrow f < 0 \rightarrow V < 0$ (negativa).

A Figura 9 exemplifica as diferentes vergências de duas lentes e sua relação com o desvio da trajetória dos raios luminosos.

Figura 9 – Vergência e desvio dos raios luminosos em lente biconvexa



Fonte: Bôas, Doca e Biscuola (2016, p. 259).

Por fim, os alunos devem realizar atividades (apresentadas no Apêndice A) do livro didático sobre o fenômeno estudado, além de receber orientações para a realização dos exercícios restantes como tarefa de casa.

4.1.1.6 Avaliação

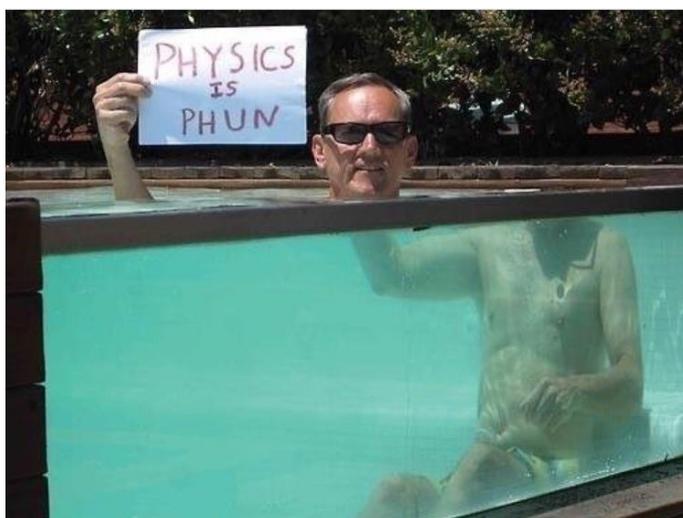
Na avaliação considera-se a participação dos alunos durante a aula, assim como a realização das atividades propostas. Nessa etapa, não ocorre atribuição de notas aos estudantes.

4.1.2 Relatos de aplicação

A aplicação da aula – que se deu no dia 17 de outubro de 2022 para a 2ª série B, e 19 de outubro de 2022 para a 2ª série A – ocorreu de forma similar para ambas as turmas. Inicialmente, os alunos lembraram as próprias experiências com refração, compreendendo o fenômeno através da analogia do triciclo infantil.

Os discentes manifestaram interesse e descrença com uma foto do livro didático que mostrava um homem em uma piscina com a cabeça desconectada do corpo (Figura 10). Após as devidas explicações, os estudantes compreenderam que a parte embaixo da água refletia raios de luz que eram refratados ao sair da água, alterando a trajetória da luz e a percepção do observador.

Figura 10 – Exemplo de refração da luz no livro didático



Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 499).

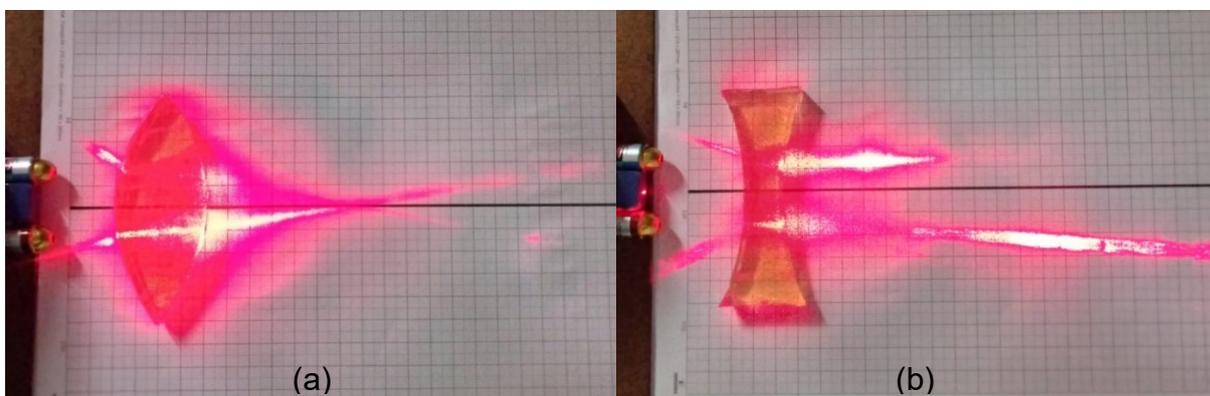
Com o exemplo da pesca com arpão, os alunos foram capazes de compreender a ideia de altura aparente através de desenhos e das noções de refração vistas anteriormente. Na parte de lentes, empregou-se uma lupa, onde os discentes se mostraram interessados em entender por que, a uma certa distância, percebiam a imagem invertida.

Após o desenvolvimento do conteúdo sobre classificações de lentes e comportamento dos raios refratados, os estudantes souberam identificar a que categoria de lente a lupa pertencia e foram capazes de entender o conceito de distância focal, depois da demonstração do comportamento convergente da lente da lupa ao ser iluminada pela lanterna de um celular.

No final da aula, para demonstrar os vários tipos de lentes e os diferentes comportamentos dos raios de luz, realizou-se uma demonstração experimental empregando lentes de gelatina, 2 ponteiros *LASER* paralelas e uma folha demarcando o eixo principal.

Primeiramente demonstrou-se o comportamento convergente com uma lente biconvexa, mostrando que os raios passavam a se cruzar após atravessar a lente (Fotografia 1a); em seguida, passou-se à demonstração do comportamento divergente, com uma lente bicôncava, mostrando o afastamento dos raios em relação ao eixo principal (Fotografia 1b). A maioria dos alunos manifestaram bastante surpresa e empolgação com o fenômeno apresentado.

Fotografia 1 – Comportamento dos feixes de luz em uma lente biconvexa (a) e em uma lente bicôncava (b)



Fonte: Registrada pela autora.

Em seguida, iniciou-se a demonstração com outros tipos de lentes de gelatina: plano-convexa, plano-côncava, côncavo-convexa e convexo-côncava. Primeiramente os alunos eram estimulados a identificar o tipo de lente mostrada e prever o comportamento dos raios de luz após atravessarem-na, para que posteriormente verificassem se a previsão estava correta. Em ambas as turmas, os estudantes identificaram corretamente tanto o tipo de lente, quanto o comportamento dos feixes de *LASER*. Ao fim da aula, foram indicados os exercícios do livro para serem feitos em casa.

Em ambas as turmas, os alunos participaram ativamente das aulas, questionando e respondendo quando solicitados. Foi possível perceber que, através dos subsunçores desenvolvidos nas aulas anteriores e daqueles concebidos em vivências próprias, os estudantes demonstraram um entendimento efetivo do

fenômeno de refração da luz. Esse conhecimento, por sua vez, foi fundamental para a compreensão do funcionamento das lentes esféricas e sua relação com o cotidiano discente.

Uma vez que o entendimento desse fenômeno e de suas aplicações são essenciais para o desenvolvimento das próximas etapas do projeto, como a compreensão do funcionamento do olho humano e a causa de alguns distúrbios oculares, as aulas aplicadas atuaram como um alicerce para a construção de novos subsunçores – assim como o aperfeiçoamento daqueles já existentes – capazes de potencializar a aprendizagem dos conhecimentos a serem desenvolvidos no projeto sobre a Física do olho humano, fundamentado na metodologia ABP.

4.2 O PROJETO DE ENSINO-APRENDIZAGEM SEGUNDO A METODOLOGIA ABP

A presente seção apresenta o projeto didático planejado e aplicado no transcorrer deste trabalho, fundamentado na metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos.

Primeiramente, é apresentada a estrutura do projeto, explicitando todos os aspectos essenciais exigidos pela metodologia ABP, assim como a forma de organização do projeto e atividades previstas; em seguida, encontram-se os relatos semanais sobre o desenvolvimento do projeto.

Consistindo em uma das tarefas do projeto, a experimentação com lentes de gelatina é descrita na seção 4.2.2, onde apresenta-se também o roteiro experimental utilizado e os relatos de aplicação da atividade, além de um quadro com a avaliação quantitativa de cada grupo de alunos. Na seção seguinte são apresentados os instrumentos avaliativos aplicados aos discentes durante o projeto, seguidos dos respectivos resultados obtidos por eles.

Por fim, tem-se a avaliação quantitativa e qualitativa do projeto, realizada pelos alunos através de um questionário, em que é possível avaliar os aspectos teóricos do tema estudado, o envolvimento dos estudantes durante o desenvolvimento da proposta e a aceitação/opinião sobre a metodologia de ensino.

4.2.1 Projeto elaborado

Compondo a segunda etapa da proposta didática, o projeto sobre o olho humano e distúrbios oculares é fundamentado na metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Projetos e tem uma duração prevista de seis semanas.

Na primeira semana, inicia-se a aula com a exposição das atividades âncoras do projeto. A primeira etapa consiste na apresentação do vídeo “O Que Acontece Dentro Dos Seus Olhos” (<https://www.youtube.com/watch?v=Vl3Qyjmuo0s>), de aproximadamente 9 minutos, sobre o funcionamento da visão e do olho humano, sendo uma revisão ilustrada de vários tópicos tratados nas aulas anteriores. Já a segunda âncora consiste em um teste de acuidade visual feito através da Tabela de Snellen.

Após a realização das atividades âncoras, apresenta-se o projeto aos alunos, explicando-se os objetivos didáticos, os critérios avaliativos e as atividades a serem realizadas, bem como o cronograma previsto. Nessa mesma ocasião, cada turma é dividida em cinco grupos, escolhidos pelos próprios alunos. Após a divisão de grupos, a professora, em conjunto com os estudantes, distribui as funções para cada membro do grupo, descritas a seguir, no Quadro 4.

Quadro 4 – Funções dos integrantes de cada grupo

Integrante	Funções e responsabilidades
1	Líder do grupo, responsável pela atualização do diário de bordo virtual (arquivo no <i>Google Drive</i>)
2	Responsável pela criação de conteúdo e postagens na conta do <i>Instagram</i>
3	Responsável pelos prazos e entregas
4	Responsável pelas pesquisas

Fonte: Elaborado pela autora.

Cada um dos grupos recebe 4 tarefas a serem cumpridas, ao longo das seis semanas de projeto. A distribuição dessas tarefas, que são diferentes para cada equipe, leva em consideração as aptidões e capacidades dos integrantes dos grupos.

Na primeira rodada de tarefas, o objetivo é que os alunos desenvolvam e construam o conhecimento sobre as estruturas do olho humano, relacionando-as aos conceitos físicos vistos nas aulas de ondulatória e ótica. Nessa etapa, os alunos

preparam uma apresentação para a turma sobre este tópico, além da elaboração de uma publicação no *Instagram* apresentando as principais características dessas estruturas, relacionando-as com a Física.

Na segunda rodada de tarefas, as funções de cada grupo são mais diversificadas: enquanto dois grupos realizam uma entrevista com profissionais das áreas de ótica e oftalmologia, outros dois grupos ficam responsáveis por realizar uma pesquisa sobre a incidência de distúrbios oculares dentre os estudantes da escola, das turmas da manhã (Ensino Fundamental 2 e Ensino Médio).

Nessa pesquisa, os integrantes dos grupos dividem-se para realizar a coleta de dados, no formato que julgarem mais adequado, como entrevista, questionário impresso ou questionário virtual. Posteriormente, em conjunto, fazem a análise dos resultados, organizando-os através de tabelas e gráficos, e categorizando os dados da forma que avaliarem mais eficaz – por turma, idade, distúrbio –, assim como a comparação com os dados oficiais sobre esses distúrbios na população brasileira, disponíveis no *site* do IBGE ([2022?]).

Já o último grupo, nesta segunda rodada de tarefas, fica responsável pela elaboração de uma maquete com as estruturas do olho humano, e as devidas explicações, para exposição na escola ao longo do projeto.

A terceira rodada de tarefas consiste na realização de uma atividade experimental com materiais de baixo custo, na qual os alunos trabalham com lentes de gelatina simulando o cristalino e as ametropias (miopia e hipermetropia) que afetam o globo ocular.

Além da prática experimental, detalhada na seção 4.2.2, a terceira tarefa também aborda uma atividade de "tradução" de uma receita oftalmológica em sala de aula. Nessa prática, os alunos devem identificar o que cada elemento da receita significa, descobrindo, deste modo, o distúrbio visual cujas lentes prescritas pretendem corrigir.

Como última tarefa, cada grupo fica responsável por uma publicação no *Instagram* que explique os conceitos físicos dos distúrbios oculares que não foram estudados anteriormente no projeto, como astigmatismo, catarata, ceratocone, daltonismo, estrabismo e presbiopia.

No Quadro 5, apresenta-se uma síntese das atividades que cada grupo deve realizar nas 4 tarefas.

Além das tarefas, o projeto conta com uma palestra realizada por um oftalmologista, para que os alunos tenham a oportunidade de tirar dúvidas sobre os aspectos técnicos e o processo de diagnóstico dos distúrbios oculares estudados previamente.

Quadro 5 – Atividades a serem realizadas por cada grupo

	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
Grupo 1	Apresentação em sala de aula, publicação sobre a córnea, humor aquoso e humor vítreo	Entrevista com oftalmologista	Experimentação com lentes de gelatina e tradução de receita oftalmológica	Publicação sobre catarata e ceratocone
Grupo 2	Apresentação em sala de aula, publicação sobre pupila e íris	Entrevista com profissionais de uma ótica	Experimentação com lentes de gelatina e tradução de receita oftalmológica	Publicação sobre astigmatismo
Grupo 3	Apresentação em sala de aula, publicação sobre cristalino e músculos ciliares	Maquete do olho humano	Experimentação com lentes de gelatina e tradução de receita oftalmológica	Publicação sobre daltonismo
Grupo 4	Apresentação em sala de aula, publicação sobre coróide, esclera e conjuntiva	Pesquisa com alunos da escola sobre distúrbios visuais (em conjunto com grupo 5)	Experimentação com lentes de gelatina e tradução de receita oftalmológica	Publicação sobre presbiopia
Grupo 5	Apresentação em sala de aula, publicação sobre retina e nervo óptico	Pesquisa com alunos da escola sobre distúrbios visuais (em conjunto com grupo 4)	Experimentação com lentes de gelatina e tradução de receita oftalmológica	Publicação sobre estrabismo

Fonte: Elaborado pela autora.

O projeto também contempla, associada ao desenvolvimento das tarefas em sala de aula, a criação de uma conta no *Instagram* para cada turma, administrada pelos estudantes, com o objetivo de registrar o andamento da proposta didática. Além

de representar uma das formas de apresentações públicas da ABP, esse recurso ainda se estabelece como uma ferramenta de divulgação científica, habilidade a ser desenvolvida por alunos de Ensino Médio, segundo a BNCC (2018).

A conta de *Instagram*, desenvolvida e atualizada por todos os grupos, possui um cronograma de postagens associado à realização de cada tarefa, conforme apresentado no Quadro 6. Antes de cada postagem, os grupos devem enviar para a professora, através de grupos no *WhatsApp*, o material a ser publicado, para devida revisão e *feedback* constante.

Quadro 6 – Cronograma de publicações no *Instagram*

Semana	Número de publicações por turma	Conteúdo	Grupo responsável
1	1	Apresentação do projeto e dos objetivos da atividade	Líder da turma
1 – 2	5	Apresentação de cada um dos grupos	Todos os grupos
2 – 3	5	Estruturas do olho humano	Todos os grupos
3 – 4	1	Destaques da entrevista com oftalmologista	Grupo 1
3 – 4	1	Destaques da entrevista com profissionais da ótica	Grupo 2
3 – 4	1	Processo de construção da maquete do olho humano	Grupo 3
3 – 4	1	Incidência de ametropias e outros distúrbios oculares na população brasileira (dados oficiais)	Grupos 4 e 5
3 – 4	1	Cuidados com a saúde dos olhos	Grupos 4 e 5
5	1	Atividade de experimentação com lentes de gelatina	Grupo 3
5	1	Destaques da palestra com oftalmologista	Grupo 3
5 – 6	6	Principais distúrbios oculares	Todos os grupos

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 7 é apresentado o cronograma de atividades propostas para cada turma.

Quadro 7 – Cronograma de atividades semanais das turmas

Semana	Atividades previstas
1	Apresentação do projeto Divisão dos grupos Distribuição de tarefas
2	Apresentação da tarefa 1* Início das postagens sobre estruturas do olho (tarefa 1) Revisão/ <i>feedback</i> da tarefa 2
3	Entrega das entrevistas (grupo 1, 3) Entrega da maquete (grupo 2) Entrega dos resultados da pesquisa (grupo 4 e 5)
4	Palestra com oftalmologista Revisão/ <i>feedback</i> das postagens sobre ametropias e outros distúrbios visuais (tarefa 4)
5	Experimentação com lentes de gelatina e “tradução” de receita oftalmológica (tarefa 3)
6	Autoavaliação e avaliação dos colegas Formulário de análise do projeto Conclusão do projeto

* Atividade a ser desenvolvida na semana 3 pela Turma A devido à ocorrência de feriado.

Fonte: Elaborado pela autora.

Além do acompanhamento em sala de aula e pelo grupo do *WhatsApp*, os alunos também preenchem semanalmente um diário de bordo, com as atividades realizadas, atividades previstas e aspectos relevantes que surgiram no desenvolvimento do projeto durante a semana. Elemento fundamental da metodologia ABP, o diário de bordo, cujo modelo é apresentado na Figura 11, tem o papel de instrumento avaliativo qualitativo do andamento do projeto, além de auxiliar o professor no processo de orientação e *feedback*.

Quadro 8 – Fundamentos da ABP contemplados no projeto

Fundamentos	Elementos da proposta didática
Âncora	Vídeo “O que acontece dentro dos seus olhos” e Teste de Snellen (acuidade visual)
Questão motriz	“De que forma a Física está relacionada com o olho humano e os distúrbios oculares?”
Investigação e inovação	Publicações no <i>Instagram</i> , entrevista com profissionais da área e membros da comunidade, pesquisa com os alunos da escola, elaboração de maquetes, experimento concreto interativo
Trabalho em equipe cooperativo	Turmas divididas em 5 grupos de 4 alunos, com cada função pré-estabelecida
Processo de investigação	Vídeos de ensino, laboratório e demonstrações, mini lições, palestrante convidado, discussões em grupo, entrevistas com profissionais da área na comunidade
<i>Feedback</i> e revisão	<i>Feedback</i> constante através das rubricas e interações através dos grupos de <i>WhatsApp</i>
Oportunidades de reflexão	Diário de bordo, autoavaliação do grupo e autoavaliação individual
Resultados apresentados publicamente	Exposição na escola e divulgação do andamento do projeto no <i>Instagram</i>
Voz e escolha do aluno	Definição dos grupos e funções dos membros, definição do cronograma e publicações

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.1.1 Relatos Semanais

Nesta seção são apresentados os relatos referentes ao desenvolvimento do projeto com as duas turmas da 2ª série do Ensino Médio, ao longo das 6 semanas de aplicação da metodologia, realizada entre 24 de outubro e 7 de dezembro de 2022.

4.2.1.1.1 Semana 1

Na primeira semana, o projeto foi apresentado e explicado aos estudantes, bem como, foram feitas as organizações de cronograma. Em ambas as turmas, a primeira aula do projeto desenvolveu-se de forma semelhante.

Conforme os fundamentos da metodologia ABP, iniciou-se a aula com a exposição da primeira âncora: o vídeo “O Que Acontece Dentro Dos Seus Olhos” (Fotografia 2).

Fotografia 2 – Alunos da Turma A assistindo ao vídeo âncora



Fonte: Registrada pela autora.

Em seguida, passou-se à segunda âncora, a Tabela de Snellen. Para a realização do teste, a professora fixou a Tabela na parede da sala, posicionando uma cadeira a 3 metros dela. Após uma breve descrição sobre a Tabela e seu objetivo, os alunos então foram convidados a testar sua acuidade visual.

Inicialmente a maioria dos alunos ficou tímida em se expor, contudo, após alguns colegas realizarem o teste, o restante da turma sentiu-se mais à vontade para participar também (Fotografia 3) – apenas um aluno não quis fazer o teste.

Fotografia 3 – Alunos da Turma B realizando o teste da Tabela de Snellen



Fonte: Registrada pela autora.

Os estudantes que utilizam óculos quiseram testar como seria o resultado, primeiro sem os óculos e em seguida com o objeto. Percebendo uma grande diferença na capacidade de enxergar, a professora relacionou os óculos e seu funcionamento

com a aula de lentes ministrada na semana anterior, além de relembrar alguns trechos do vídeo do início da aula. Os alunos mostraram-se interessados e engajados no teste, respeitando os resultados dos colegas e estimulando todos a participarem.

Após o teste e as considerações sobre os resultados – em que quatro alunos demonstraram dificuldade em enxergar as linhas maiores, recebendo orientação para buscar um oftalmologista – em ambas as turmas, os estudantes insistiram que a professora também realizasse o teste.

Passou-se então à apresentação do projeto, onde a professora explicou que foi fundamentado em uma metodologia ativa chamada Aprendizagem Baseada em Projetos e que esta metodologia tem alguns aspectos diferentes do ensino tradicional, colocando-se disponível para que os alunos tirassem dúvidas sobre o método.

Em seguida, o primeiro passo foi dividir os grupos, que puderam ser formados por afinidade entre os estudantes; considerando que cada turma contava com 22 alunos, a distribuição nos grupos foi a seguinte: dois grupos com cinco integrantes e três grupos com quatro integrantes em cada turma. Passou-se, então, a determinação das funções e responsabilidades de cada integrante do grupo.

Na etapa seguinte, a professora determinou a ordem dos grupos, baseando-se no seu conhecimento sobre as potencialidades dos alunos; foram distribuídas as tarefas de cada grupo, explicando todas as atividades que deveriam ser desenvolvidas em cada estágio do projeto, assim como o processo avaliativo. Nesse momento, já foram disponibilizados os *links* de acesso aos respectivos grupos no *WhatsApp*.

Cada grupo recebeu um material impresso com as tarefas que deveriam ser feitas, assim como os prazos de entrega para cada uma delas, além das rubricas para as tarefas 1, 2 e 4 – esclarecendo que a tarefa 3 seria uma atividade feita em aula com as lentes de gelatina.

A professora também explicou sobre a conta no *Instagram* que o líder da turma deveria criar para que todos os grupos utilizassem, evidenciando que o segundo integrante de cada grupo seria o responsável pela criação dos conteúdos do perfil, além de reforçar a importância da divulgação do projeto para a comunidade. Nesse momento, também foi descrita a função do diário de bordo virtual (com *link* de acesso na descrição do grupo no *WhatsApp*), que os líderes dos grupos deveriam preencher ao longo das semanas.

Na Turma B, onde o projeto foi apresentado primeiro, os alunos conversaram entre si sobre a conta no *Instagram* e decidiram como fazer uma publicação para cada

grupo, no qual os membros seriam apresentados e o objetivo do projeto divulgado. Já na 2ª série A, a professora expôs a ideia da outra turma e os grupos concordaram em preparar uma semana de apresentações da mesma forma. Em seguida, a professora deixou os alunos livres em seus grupos para discutirem as atividades a serem resolvidas para a próxima semana.

De modo geral, todos os grupos mostraram-se bem empolgados com a ideia do projeto, e os estudantes ficaram surpreendidos com todo o processo de organização feito pela professora com os grupos de *WhatsApp* e o diário de bordo já disponível para preenchimento.

Os alunos também elogiaram o fato de todas as tarefas já terem sido explicadas na primeira aula para que tivessem tempo suficiente para desenvolvê-las, pois haviam tido uma experiência anterior com um projeto de outra disciplina em que, a cada semana, era determinada uma tarefa a ser realizada, e acharam complicado cumprir algumas delas no prazo estabelecido.

Ao longo da primeira semana, a líder da Turma B procurou a professora para confirmar se ela poderia ficar responsável pela conta do *Instagram*, para que a turma mantivesse um padrão de *design* nas publicações. A professora respondeu que, caso todos os grupos estivessem de acordo, poderiam se organizar dessa forma.

Já na Turma A, como o líder não cumpriu o combinado de criar a conta, a professora solicitou que o grupo 1 o fizesse e iniciasse as publicações de apresentação do projeto (Figura 12) e dos grupos. O acesso das páginas de cada turma pode ser feito através dos *links*: <https://www.instagram.com/projetofisica2a/> para a Turma A, e https://www.instagram.com/projeto_fisica_2b/ para a Turma B.

Inicialmente, os grupos deveriam começar as postagens de apresentação ainda na primeira semana, mas em função de todos esses atrasos, foram feitas alterações no cronograma de postagem dos materiais, sincronizando as publicações dos grupos das duas turmas. Desse modo, as postagens dos grupos 1 de cada turma, passaram para o primeiro dia de cada semana e assim sucessivamente.

Figura 12 – Publicação de apresentação do projeto da Turma A

**PROJETO:
FÍSICA DO OLHO
HUMANO**

Quem somos?

Somos a turma do 2º ano A do colégio Coopec, e sob a supervisão da professora Letícia Alano estamos realizando um projeto cujo objetivo é compreender e explorar novas formas de didática e aprendizagem enquanto correlacionamos os conteúdos estudados com o mundo e nosso cotidiano.

Neste perfil, você encontrará informações sobre:

- Estruturas dos olhos;
- Distúrbios oculares e visuais;
- Entrevistas com profissionais da área da oftalmologia;
- Relações entre a física, a fisionomia e o comportamento do olho humano.

Esperamos que através deste perfil possamos não somente aprender, como também compartilhar o conhecimento e nossas descobertas no estudo de lentes.

Fonte: Projeto de Física 2A (2022).

Na primeira semana, os grupos já deveriam iniciar o preenchimento do diário de bordo. Todos os grupos realizaram a atividade – exceto o grupo 2 da Turma A – expressando suas percepções a respeito do projeto e das tarefas a serem realizadas.

Para o grupo 1 da Turma A, a parte mais interessante relatada foi *“a pesquisa sobre as estruturas do olho e elaboração das perguntas da entrevista com o oftalmologista, da qual conseguimos extrair muitas coisas e conhecimentos novos. A metodologia do trabalho também nos interessou, assim como a correlação que podemos realizar entre biologia e física. A forma em que trabalhamos neste projeto é algo novo para nós, foge da monotonia dos seminários e apresentações”* (Grupo 1, Turma A).

4.2.1.1.2 Semana 2

A segunda semana do projeto, que contou com um feriado no dia da aula de Física da Turma A, iniciou com as apresentações sobre as estruturas do olho humano pela 2ª série B. De forma geral, as apresentações foram enriquecedoras e os grupos mostraram domínio e entendimento dos princípios físicos envolvidos no processo da visão.

Todos os grupos apresentaram também as principais doenças que acometem suas respectivas estruturas, explicando os tratamentos e as possíveis correções, extrapolando positivamente os limites da Tarefa 1, demonstrando envolvimento e curiosidade no tema. Além disso, durante as apresentações, os grupos contribuíam com relatos e questionamentos sobre as estruturas e as doenças comentadas, participando ativamente das explicações dos colegas.

Após as apresentações sobre as estruturas, a professora explicou novamente as tarefas e o que preencher no diário de bordo, aspectos sobre os quais os alunos ainda possuíam certas dúvidas. Em seguida a professora mostrou o novo cronograma de postagens e o disponibilizou nos grupos de *WhatsApp*.

Realizando a mesma organização com a Turma A, a professora chamou o líder de cada grupo para apresentar o novo cronograma e tirar as dúvidas que surgiram. Essa conversa ocorreu fora do horário de aula porque os alunos não teriam aula de Física na semana, em decorrência de um feriado.

Durante a segunda semana do projeto, os grupos 3 e 4 da 2ª série A entraram em contato com a professora para solicitar uma troca, uma vez que as alunas do grupo 4 identificaram-se mais com as atividades a serem desenvolvidas pelo grupo 3. Como a decisão foi aceita por todos os integrantes dos dois grupos e, considerando a metodologia ABP, a autonomia discente é um dos aspectos fundamentais no desenvolvimento do projeto, a professora permitiu a troca.

Além disso, os grupos começaram se mobilizar para realização da Tarefa 2, descrevendo no diário de bordo as atividades realizadas e as dificuldades para desenvolvê-las, além de apontarem os aspectos interessantes que surgiram no processo, como, por exemplo, o Grupo 3 da Turma A, que comentou sobre a necessidade de desenvolver a criatividade na “[...] *escolha de materiais alternativos para a produção da maquete como CDs, tampinhas de garrafa, botões, etc. Pensar em novas funções para objetos do dia a dia de uma forma criativa*” (Grupo 3, Turma A).

Em relação ao *Instagram*, todos os grupos realizaram as postagens de apresentação corretamente; enquanto na Turma A cada grupo desenvolveu sua publicação de forma individual – alguns optaram pelo formato em vídeo, outros apenas com imagens e descrições na legenda –, a Turma B manteve um *layout* padrão com foto dos integrantes e legenda com a apresentação do grupo.

4.2.1.1.3 Semana 3

Na terceira semana do projeto, ocorreram as apresentações das estruturas do olho humano pela 2ª série A, exceto do grupo 2, que não preparou a apresentação, nem a publicação exigida. Por outro lado, os quatro grupos restantes introduziram suas estruturas com uma breve explicação do processo de visão, demonstrando novamente um entendimento consistente sobre os fenômenos físicos envolvidos e, assim como na outra turma, os grupos comentaram sobre as doenças e seus respectivos tratamentos.

Durante a semana, também foram realizadas as pesquisas dos grupos 4 e 5, mostradas na Fotografia 4. A professora já havia informado previamente os demais professores sobre a proposta, e as turmas foram autorizadas a coletar os dados durante o horário de aula no turno da manhã, de forma presencial, passando de sala em sala.

Fotografia 4 – Grupos 4 e 5 da Turma B realizando as pesquisas com alunos da escola



Fonte: Registrada pela autora.

Nesse processo, em ambas as turmas, a professora precisou auxiliar os grupos de forma mais profunda, ajudando-os tanto no desenvolvimento dos instrumentos de coleta de dados, quanto na forma de abordagem da pesquisa.

A docente também acompanhou as primeiras salas pesquisadas para orientar possíveis adaptações. De modo geral, os grupos, que se separaram para coletar os dados de forma mais eficiente, realizaram um bom trabalho, demonstrando sensibilidade ao tratar sobre os distúrbios oculares com os demais alunos da escola.

Além disso, durante a pesquisa, um dos integrantes do grupo 4, da Turma A, relatou que estava muito nervoso ao entrar nas salas para a coleta de dados, mas no fim da aula, comentou que estava satisfeito com o seu desempenho, pois conseguiu realizar a pesquisa de forma satisfatória, superando a timidez e o nervosismo. O mesmo relato foi feito por dois integrantes do grupo 1 da Turma B, em relação às entrevistas com oftalmologistas.

Enquanto os grupos 4 e 5 realizavam as pesquisas, os demais grupos aproveitaram o tempo de aula para tirar dúvidas e concluir as atividades da Tarefa 2, que teve seu prazo prorrogado para a quarta semana, devido à dificuldade de alguns grupos encontrarem profissionais dispostos a realizar entrevistas, além de proporcionar mais tempo para a análise dos dados.

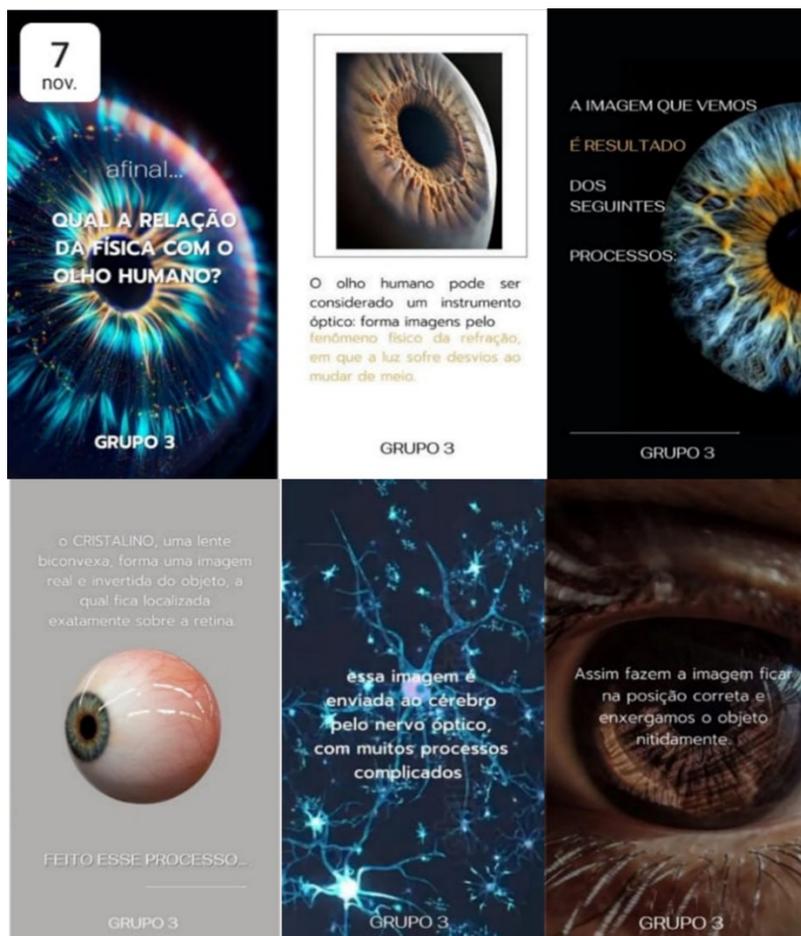
Ainda em aula, o grupo 3 da Turma A chamou a professora para tirar algumas dúvidas sobre as explicações das estruturas da maquete. As alunas pediram se poderiam criar um *QRCode* para que essas informações ficassem disponíveis *online*, podendo assim desenvolver explicações mais completas sobre as estruturas. Considerando a importância do mundo virtual nos dias atuais e sua relação com o cotidiano dos estudantes, a professora autorizou a utilização do recurso digital. Além disso, o mesmo grupo tomou a iniciativa de desenvolver *stories* para movimentar a página no *Instagram*, falando sobre curiosidades a respeito do olho humano (Figura 13).

Nos diários de bordo, os estudantes comentaram sobre os resultados das pesquisas e as dificuldades em trabalhar com ferramentas de análise de dados.

“A parte mais interessante foi ver os gráficos prontos, e ter realmente uma ideia mais elaborada da porcentagem de pessoas que usam óculos e como isto é um distúrbio comum, sendo que pelo menos 15% de cada turma possui algum problema” (Grupo 4, Turma A).

“A maior dificuldade realmente foi aprender a mexer no Excel, não foi muito trabalhoso juntar as informações, mas sim saber como colocá-las” (Grupo 5, Turma A).

Figura 13 – *Stories* desenvolvidos pelo grupo 3 da Turma A



Fonte: Projeto de Física 2A (2022).

Em relação ao *Instagram*, todos os grupos realizaram as postagens sobre as estruturas do olho humano corretamente, exceto o grupo 2 da Turma A. Nessa semana, a líder da 2ª série B afastou-se da escola por problemas pessoais, desse modo, as publicações da turma passaram a ser realizadas por todos os grupos, conforme a proposta inicial, perdendo assim o *layout* padrão.

4.2.1.1.4 Semana 4

Na quarta semana, que contou com um feriado no dia da aula de Física da Turma B, ocorreu a experimentação com as lentes de gelatina (descrita na seção 4.2.2) na 2ª série A, além da entrega da Tarefa 2.

Os grupos 1 e o grupo 2 da Turma B, que realizaram as entrevistas com profissionais da oftalmologia e da ótica, desenvolveram as perguntas e realizaram as entrevistas de forma adequada, além de prepararem as devidas publicações sobre os

resultados obtidos. Contudo, apenas o grupo 1 da Turma A entregou a entrevista na íntegra de forma satisfatória e realizou a análise das respostas.

Já o grupo 2 da Turma A, por sua vez, não cumpriu o prazo de entrega das perguntas, além de não realizar a entrevista, apesar de um dos integrantes do grupo ter acesso facilitado aos profissionais, visto que a família possui uma ótica na cidade.

Em relação às maquetes, ambos os grupos 3 entregaram o material no prazo estabelecido, sendo a maquete da Turma A apresentada a seguir, na Fotografia 5.

Fotografia 5 – Maquete do grupo 3 da Turma A



Fonte: Registrada pela autora.

Sobre as pesquisas a respeito da incidência de distúrbios visuais nos alunos da escola, os grupos apresentaram dificuldades na análise dos dados e não realizaram a comparação com os dados oficiais sobre sua distribuição na população brasileira, disponíveis no *site* do IBGE ([2022?]).

Na Turma A, os grupos desenvolveram tabelas e gráficos, apresentando os dados de forma organizada, mas sem realizar a sua análise. Já na 2ª série B, os grupos apenas enviaram as porcentagens e os dados obtidos por mensagem no grupo do *WhatsApp*.

É importante registrar que a quarta semana também contou com uma palestra da oftalmologista Larissa Pinós. Nesse momento, os alunos puderam fazer perguntas

sobre os distúrbios visuais que estavam estudando para a Tarefa 4, conforme mostrado na Fotografia 6. De modo geral, as informações apresentadas pela médica já haviam sido discutidas em aula, tanto durante o estudo das estruturas do olho quanto no desenvolvimento da Tarefa 2.

Fotografia 6 – Palestra com a oftalmologista



Fonte: Registrada pela autora.

Em conversa posterior com a professora, a oftalmologista percebeu que os estudantes estavam bem preparados e realmente demonstravam um entendimento correto do funcionamento do olho humano e das doenças que o acometem.

A partir da quarta semana de projeto, alguns grupos deixaram de preencher o diário de bordo e o volume de relatos dos grupos restantes também diminuiu. Nesse período, o aspecto mais comentado foi a palestra e as dúvidas específicas que os estudantes puderam tirar com uma profissional da área.

Em relação às publicações no *Instagram*, todos os grupos cumpriram corretamente o cronograma, postando sobre as atividades da Tarefa 2.

4.2.1.1.5 Semana 5

Na quinta semana, ocorreu a experimentação com lentes de gelatina na 2ª série B, além da finalização das pesquisas sobre os distúrbios oculares. Na aula com a Turma A, a professora aproveitou para receber e dar um *feedback* a respeito da atividade prática sobre lentes, detalhada na seção 4.2.2.

Assim como na semana 4, o preenchimento do diário de bordo foi menos detalhado que o habitual, sendo destacada a atividade experimental com as lentes de gelatina.

“Essa experimentação inteira foi bem interessante, mas principalmente na parte de mexer com os lasers e entender como as lentes funcionam” (Grupo 1, Turma B).

No *Instagram*, finalizou-se a última semana de postagens obrigatórias, dessa vez sobre os distúrbios oculares: astigmatismo, catarata, ceratocone, daltonismo, estrabismo e presbiopia.

4.2.1.1.6 Semana 6

Na sexta semana, ocorreu a finalização do projeto (Fotografia 7), momento no qual os alunos responderam aos questionários de avaliação (seções 4.2.3 e 4.2.4), e a professora conversou com as turmas sobre o projeto e a metodologia.

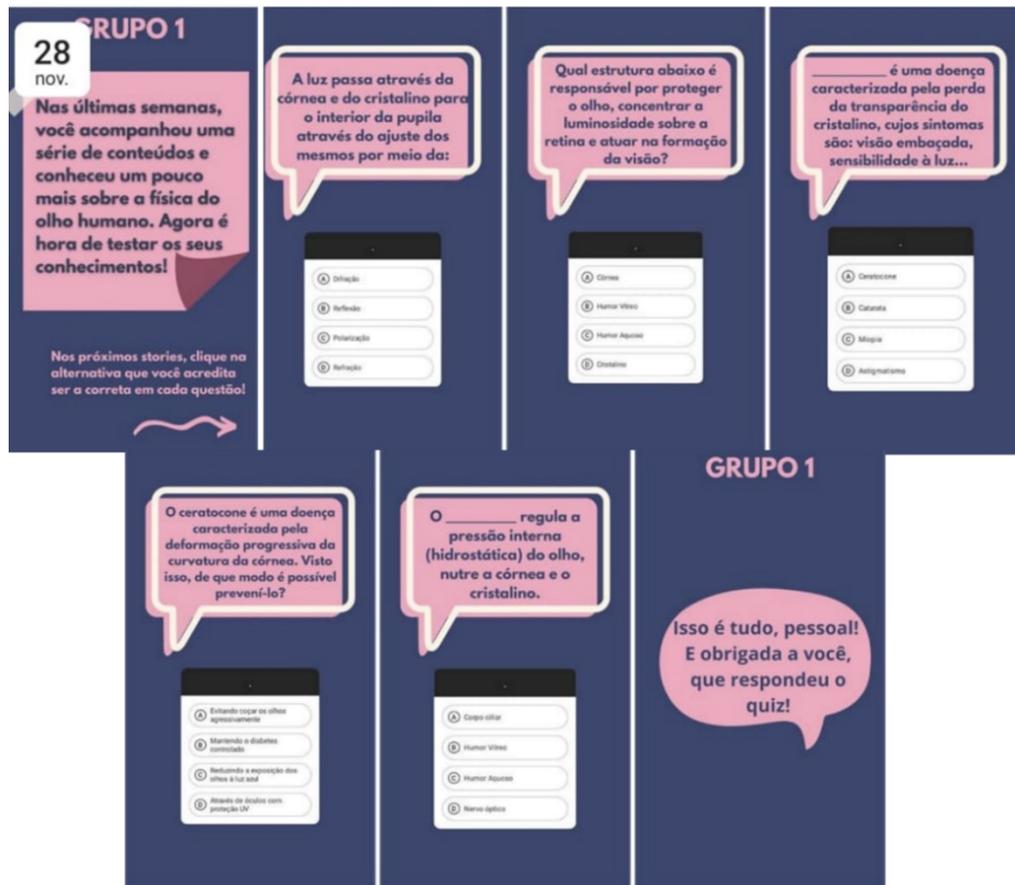
Fotografia 7 – Alunos da Turma A respondendo aos questionários



Fonte: Registrada pela autora.

Nessa última semana, o grupo 1 da Turma A se propôs a realizar postagens no perfil do *Instagram* para a finalização do projeto. Os alunos desenvolveram uma publicação sobre o uso de lentes na correção de distúrbios oculares, além de prepararem um *quiz* sobre alguns assuntos tratados durante o projeto (Figura 14).

Figura 14 – Stories desenvolvidos pelo grupo 1 da Turma A



Fonte: Projeto de Física 2A (2022).

4.2.2 Proposta de experimentação sobre lentes

Nessa seção é apresentada a proposta de experimentação elaborada com materiais de baixo custo (lentes de gelatina) sobre lentes e o olho humano, bem como o relato da aplicação dessa atividade e os resultados avaliativos obtidos pelos grupos de alunos.

4.2.2.1 Roteiro de experimentação sobre lentes

A experimentação com as lentes de gelatina, equivalente à Tarefa 3 do projeto, vale 25 pontos, distribuídos da seguinte forma:

- 16 pontos correspondentes às respostas ao longo dos procedimentos (considerando 10 passos que exigem resposta, cada um valendo 1,6);
- 9 pontos equivalentes às conclusões (cada atividade valendo 3 pontos).

4.2.2.1.1 *Objetivos*

- Ilustrar e compreender os distúrbios da visão relacionados à anatomia do globo ocular;
- compreender as propriedades das lentes, e sua aplicação na correção de distúrbios visuais;
- compreender o conceito de vergência, identificando a relação com a distância focal da lente;
- identificar e compreender as informações contidas em uma receita oftalmológica, sendo capaz de determinar o tipo de lente receitada e o problema visual a ser corrigido.

4.2.2.1.2 *Fundamentação teórica*

“O olho humano

O olho é, sem dúvida, o instrumento óptico mais importante para o ser humano. É um órgão complexo, composto de diversas estruturas, dentre as quais algumas interessam a esse ramo da Física. [...]

Em um olho humano normal, os raios luminosos entram pela pupila, atravessam a córnea, o cristalino, a parte central do olho e se encontram na retina – região fotossensível –, sobre a qual a imagem, para uma visão perfeita, deve ser formada. Ou seja, no olho, a imagem é projetada sobre a retina, sendo real e invertida. O funcionamento do olho é semelhante ao de uma máquina fotográfica. A pálpebra, equivalente ao obturador, abre e fecha para permitir a entrada de luz.

A córnea, uma película curva, transparente e localizada na parte anterior do olho, é responsável pela primeira e maior parte da refração da luz que vem do exterior.

A função da pupila – canal existente na íris – é controlar a quantidade de luz que chega ao cristalino, de modo a permitir uma visualização adequada dos objetos. Em relação a uma máquina fotográfica, ela é equivalente ao diafragma. Se a luminosidade exterior é elevada, a pupila se contrai, de modo a minimizar a entrada de luz. Ao contrário, com baixa luminosidade no ambiente, a pupila se dilata, de forma que uma quantidade maior de luz entre no olho para formar a imagem. [...]

O cristalino é uma lente biconvexa convergente, maleável e responsável pela focalização final das imagens sobre a retina. As bordas do cristalino são envolvidas pelos músculos ciliares, cuja função é a de comprimir o cristalino, de modo a alterar a sua curvatura e, conseqüentemente, a sua distância focal. [...]

A retina – película localizada na parte posterior do globo ocular – é formada por dois tipos básicos de células sensíveis à luz: os cones (responsáveis pela percepção de cores) e os bastonetes (que não distinguem as cores, mas são os responsáveis pela percepção dos níveis de intensidade da luz emitida pelos objetos). Quando a imagem é projetada na retina, o nervo óptico, acoplado a ela, transmite a informação visual ao cérebro. [...]

Defeitos de Visão

Todo órgão ou sistema do corpo humano é susceptível a apresentar anomalias, e o olho não foge à regra. As causas para os defeitos de visão são várias, mas vamos citar apenas três. Uma delas é a deformidade do globo ocular, que pode ser alongado ou encurtado além do que deveria. Outra causa é a curvatura da córnea além ou aquém do normal. E, por último, o elevado ou baixo índice de refração das estruturas que formam o olho, particularmente da córnea e do cristalino.

Assim, o sistema ocular é mais ou menos convergente do que o necessário. Quaisquer dessas causas fazem com que a imagem se forme antes ou depois da retina, respectivamente. Os defeitos de visão mais comuns, que podem ser minimizados com o uso de lentes esféricas, são: miopia, hipermetropia e presbiopia (“vista cansada”).”

Lívio Ribeiro Canto.

Instrumentos ópticos.

*In: BERNOULLI (Coord.). Física. [Belo Horizonte]:
Bernoulli, [2016?]. v. 3, p. 64-65.*

4.2.2.1.3 Material

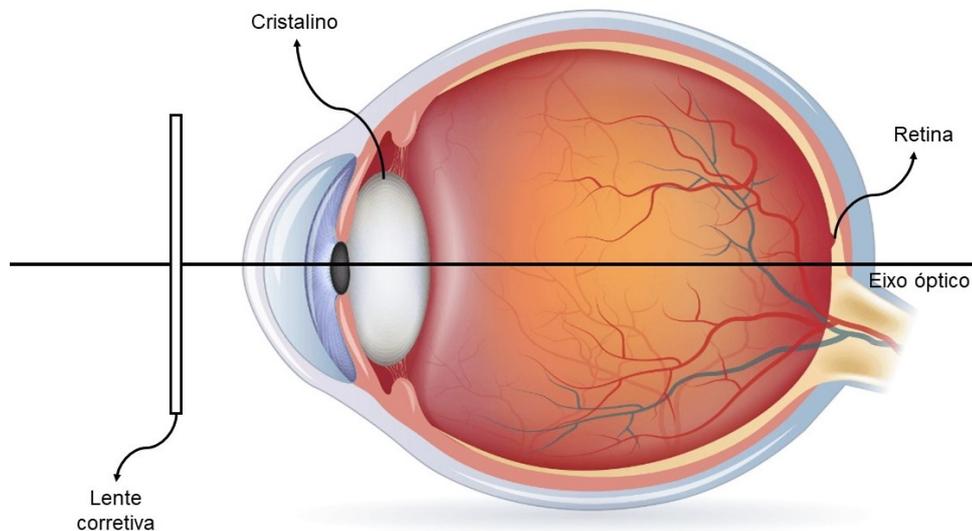
- Borracha;
- calculadora;
- caneta;
- esquemas do olho humano (Figuras 15 e 16);

- lápis;
- lentes de gelatina (3 lentes: 1 biconvexa, 1 plano-convexa e 1 plano-côncava);
- papel milimetrado/quadrado;
- ponteiros *LASER* (usadas em apresentações);
- régua.

4.2.2.1.4 Procedimentos e resultados

1º passo: Posicionar a lente identificada como cristalino em seu devido lugar no papel com o esquema 1 do olho humano.

Figura 15 – Esquema 1 do olho com posição do cristalino e lente corretiva



Fonte: Elaborado pela autora.

2º passo: Posicionar os 2 feixes de *LASER* paralelos ao eixo óptico e identificar em que posição os raios se encontraram: _____

3º passo: Responder:

Qual é a ametropia ilustrada nessa situação? _____

Qual o tipo de lente utilizada para a correção dessa ametropia (convergente ou divergente)? _____

4º passo: Posicionar a lente corretiva 1 em seu devido lugar e ligar novamente os feixes de *LASER*. Em seguida, repetir o processo com a lente corretiva 2.

Qual lente corrigiu a ametropia ilustrada? _____

A lente é convergente ou divergente? _____

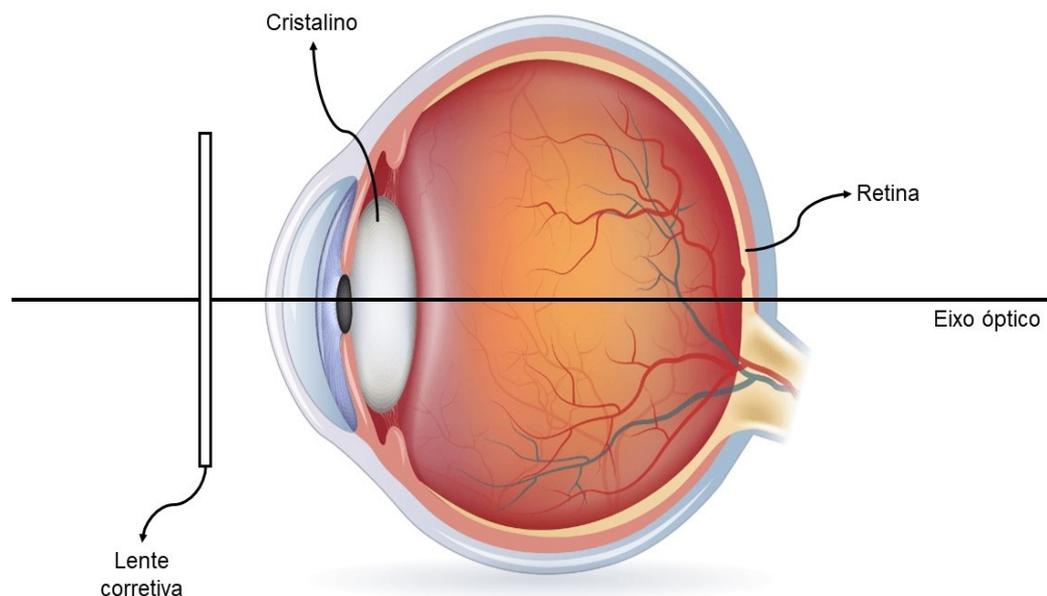
5º passo: Responder:

De que forma a lente foi capaz de corrigir a ametropia ilustrada? _____

6º passo: Pegar a lente corretiva utilizada e posicioná-la corretamente no papel milimetrado, colocando-a centralizada com o eixo principal. Em seguida, determinar a distância focal dessa lente, utilizando os 2 feixes de *LASER*. Registrar sua resposta aqui:

7º passo: Posicionar a lente identificada como cristalino em seu devido lugar no papel com o esquema 2 do olho humano.

Figura 16 – Esquema 2 do olho com posição do cristalino e lente corretiva



Fonte: Elaborado pela autora.

8º passo: Posicionar os 2 feixes de *LASER* paralelos ao eixo óptico e identificar em que posição os raios se encontraram: _____

9º passo: Responder:

Qual é a ametropia ilustrada nessa situação? _____

Qual o tipo de lente utilizada para a correção dessa ametropia (convergente ou divergente)? _____

10º passo: Posicionar a lente corretiva 1 em seu devido lugar e ligar novamente os feixes de *LASER*. Em seguida, repetir o processo com a lente corretiva 2.

Qual lente corrigiu a ametropia ilustrada? _____

A lente é convergente ou divergente? _____

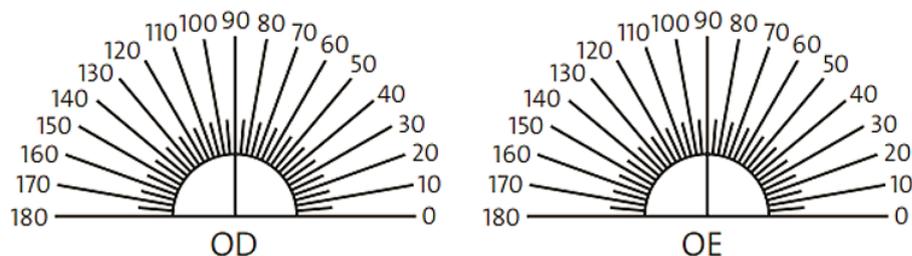
11º passo: Responder:

De que forma a lente foi capaz de corrigir a ametropia ilustrada? _____

12º passo: Pegar a lente corretiva utilizada e posicioná-la corretamente no papel milimetrado, colocando-a centralizada com o eixo principal. Em seguida, determinar a distância focal dessa lente, utilizando os 2 feixes de *LASER*. Registrar sua resposta aqui: _____

4.2.2.1.5 Conclusões

1. Na receita oftalmológica a seguir, identificar e explicar as nomenclaturas e símbolos utilizados:



		Esférica	Cilíndrica	Eixo
Para longe	OD	-4,00 di	-1,25 di	90°
	OE	-2,50 di	-1,75 di	100°
Para perto	OD	_____	_____	_____
	OE	_____	_____	_____

OD: _____

OE: _____

Esférica: _____

Cilíndrica: _____

Eixo: _____

Para longe: _____

Para perto: _____

2. Responder:

Com base na receita prescrita pelo médico, qual(is) o(s) defeito(s) de visão que essa pessoa apresenta? _____

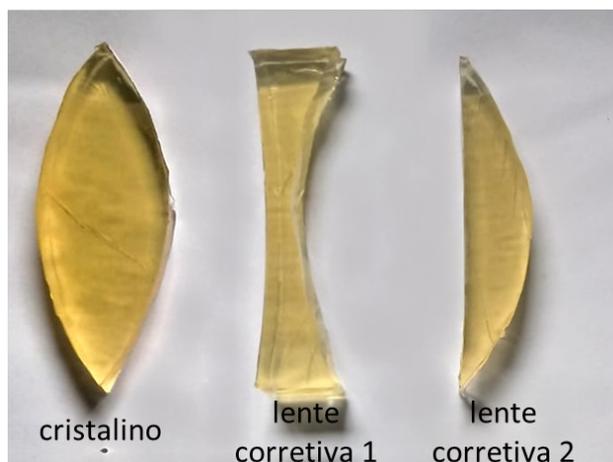
O que significa o sinal negativo nas lentes esféricas? _____

3. Calcular a distância focal das lentes esféricas receitadas.

4.2.2.2 Relatos de aplicação e resultados avaliativos

Inicialmente os alunos se reuniram em seus respectivos grupos do projeto e receberam o roteiro de experimentação, apresentado na sessão 4.2.2.1. Em seguida, cada grupo recebeu dois esquemas do olho humano (Figuras 15 e 16), assim como um conjunto com três lentes de gelatina (uma biconvexa, uma plano-côncava e uma plano-convexa).

Fotografia 8 – Conjunto de lentes de gelatina recebido por cada grupo

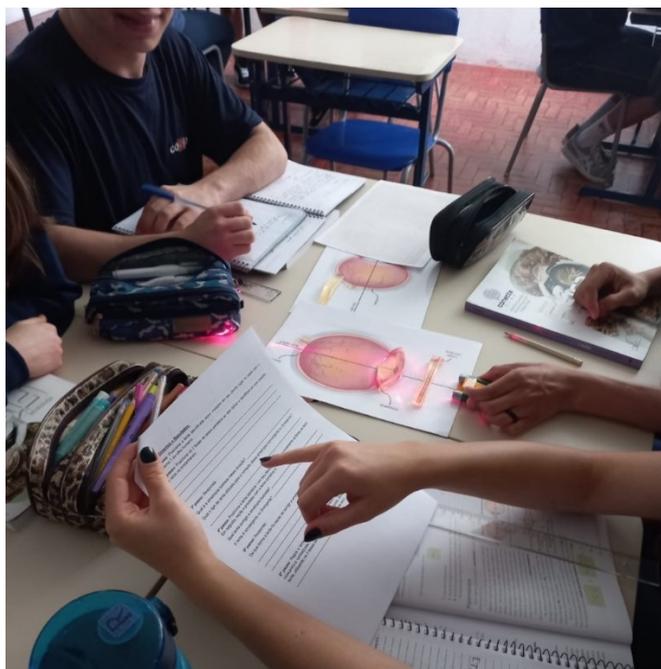


Fonte: Registrada pela autora.

No quadro negro, a professora nomeou as lentes como cristalino, lente corretiva 1 e lente corretiva 2, conforme a Fotografia 8.

Com todos os materiais em mãos, os grupos fizeram a leitura da fundamentação teórica e a professora explicou a primeira parte do roteiro; conforme os alunos foram seguindo os procedimentos e realizando os testes (Fotografia 9), a docente foi auxiliando e elucidando as dúvidas que surgiam.

Fotografia 9 – Grupo 1 da Turma B realizando os procedimentos previstos no roteiro



Fonte: Registrada pela autora.

Na etapa de verificação do comportamento dos feixes de *LASER* ao passarem pelas lentes (2º e 8º passos), a maior dificuldade apresentada pelos estudantes foi a realização das medidas para determinar a distância focal das lentes (6º e 12º passos), principalmente da lente corretiva 1 (divergente), na qual era necessário fazer o prolongamento dos raios. Para essa parte, a docente passou em todos os grupos explicando e exemplificando a necessidade de realizar o prolongamento, mostrado na (Fotografia 10).

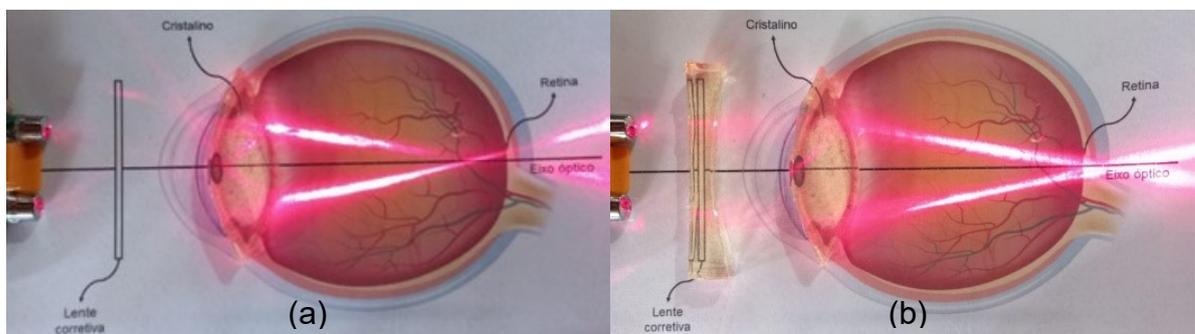
Fotografia 10 – Grupo 2 da Turma A determinando a distância focal das lentes



Fonte: Registrada pela autora.

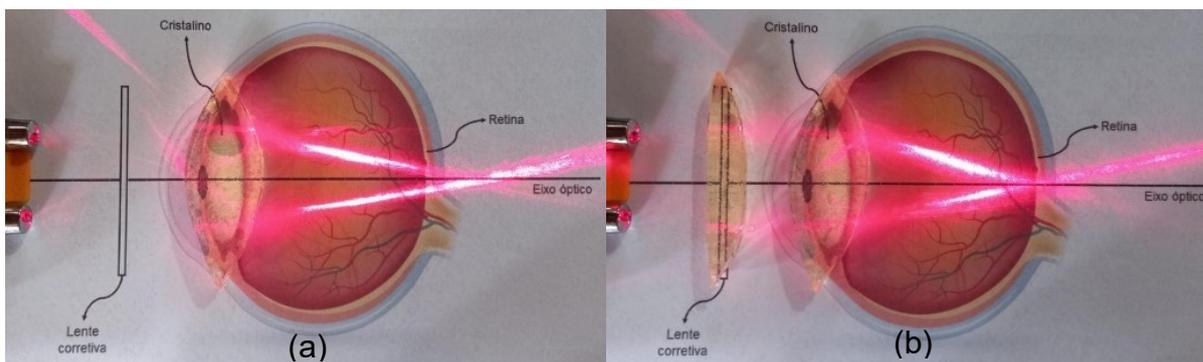
De acordo com o roteiro, além de realizarem os procedimentos práticos, os estudantes também deveriam explicar o comportamento dos feixes de luz no fenômeno da refração, determinando como cada tipo de lente corretiva fazia com que os feixes de luz se cruzassem na retina (4º e 10º passos), assim como identificar qual tipo de ametropia cada esquema representava (3º e 9º passos, representados nas Fotografias 11 e 12).

Fotografia 11 – Representação de um olho míope sem correção (a) e com correção por lente divergente (b)



Fonte: Registrada pela autora.

Fotografia 12 – Representação de um olho hipermetrope sem correção (a) e com correção por lente convergente (b)



Fonte: Registrada pela autora.

Para essas análises os estudantes tinham como únicas fontes de pesquisa o caderno e o livro didático (Fotografia 13). Nessa etapa, observou-se a falta de experiência dos alunos em realizar pesquisas em livros e a principal dificuldade constatada foi o estabelecimento de relações entre as explicações teóricas e os resultados obtidos na experimentação.

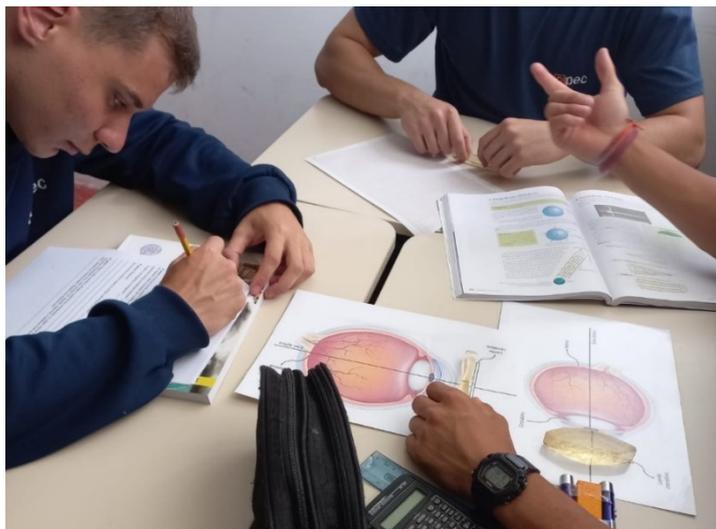
Fotografia 13 – Grupo 1 da Turma A realizando a pesquisa no livro didático



Fonte: Registrada pela autora.

Quanto à identificação das ametropias, os grupos tiveram, em sua maioria, um ótimo desempenho, apresentando um pouco mais de dificuldade nas explicações (5º e 11º passos), possivelmente pela necessidade de interpretar as informações do livro didático e relacioná-las às práticas (Fotografia 14).

Fotografia 14 – Grupo 4 da Turma B respondendo o roteiro experimental



Fonte: Registrada pela autora.

Nas Conclusões do roteiro, alguns grupos tiveram mais dificuldade em traduzir as siglas da receita oftalmológica, enquanto outros tiveram problemas em empregar a equação da vergência para a determinação da distância focal das lentes esféricas (Fotografia 15). Quanto à identificação dos distúrbios oculares a serem corrigidos pelos óculos receitados, todos os grupos foram capazes de responder corretamente às questões.

Fotografia 15 – Grupo 4 da Turma A determinando a distância focal da lente a partir da vergência



Fonte: Registrada pela autora.

Durante a prática, todos os estudantes se mostraram envolvidos e empolgados com a experimentação, tanto por visualizar na prática os conceitos estudados anteriormente, quanto por atuarem ativamente no processo de experimentação, conforme mostrado nas Fotografias 16 e 17 e observado pela professora.

Fotografia 16 – Turma A realizando a experimentação com lentes de gelatina



Fonte: Registrada pela autora.

Fotografia 17 – Turma B realizando a experimentação com lentes de gelatina



Fonte: Registrada pela autora.

Na aula seguinte, ao serem questionados a respeito das dificuldades da realização da atividade prática, os alunos relataram problemas com o uso da régua e as noções espaciais, assim como sinalizaram falta de habilidade em "ler" o sumário do livro didático para localizar rapidamente o conteúdo estudado.

A seguir, na Tabela 1, são apresentadas as notas obtidas pelos grupos em cada etapa do roteiro de experimentação.

Tabela 1 – Notas obtidas por grupo na atividade de experimentação com lentes

Turma	Grupo	Etapa (pontuação máxima)		
		Passos e Procedimentos (16 pontos)	Conclusões (9 pontos)	Nota Final (25 pontos)
A	1	15,2	4,6	19,8
	2	14,6	3,0	17,6
	3	11,6	3,9	15,5
	4	11,9	8,4	20,3
	5	14,9	9	23,9
B	1	14,6	8,0	22,6
	2	16,0	7,5	23,5
	3	14,5	7,2	21,7
	4	15,3	6,9	22,2
	5	13,5	7,9	21,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando-se a Tabela 1, observa-se que todos os grupos obtiveram uma pontuação acima da média (15,0 pontos) na nota final, assim como na etapa Passos e Procedimentos. Já na etapa das Conclusões, os grupos 1, 2 e 3 da Turma A não atingiram a média principalmente em decorrência da falta de gerenciamento do tempo: enquanto o grupo 2 teve atraso em função da dificuldade em realizar os cálculos necessários para determinação da distância focal a partir da vergência, os grupos 1 e 3 utilizaram muito tempo para desenvolver a primeira etapa da experimentação, restando um intervalo pequeno para realizar a etapa das conclusões.

4.2.3 Instrumentos avaliativos discentes

O processo avaliativo dos estudantes foi composto por duas notas de 0 a 100. A primeira nota contemplou as quatro tarefas, cada uma valendo 25 pontos, sendo as tarefas 1, 2 e 4 avaliadas através das rubricas - descritas a seguir - e a tarefa 3 avaliada por meio do roteiro de experimentação (seção 4.2.2) cuja pontuação está detalhada na Tabela 1. Já a segunda nota foi composta pela autoavaliação, avaliação dos colegas, observações do professor e considerações do diário de bordo (seção 4.2.3.2).

4.2.3.1 Rubricas

Nas seções a seguir, são apresentados os instrumentos avaliativos elaborados para as tarefas 1, 2 e 4, além dos resultados obtidos pelos grupos em cada etapa.

4.2.3.1.1 Rubricas da Tarefa 1

A Tarefa 1 foi avaliada através de 2 rubricas: uma para a apresentação dos grupos em sala de aula e outra para a publicação no *Instagram* sobre as estruturas do olho humano explicadas pelo grupo. Cada uma das rubricas correspondeu a 12,5 pontos, totalizando os 25 pontos estipulados para a primeira tarefa. Nos Quadros 9 e 10, a seguir, são apresentadas as rubricas para esta Tarefa.

Quadro 9 – Rubrica apresentação da Tarefa 1 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5)

Nota	0,3	1,0	1,6
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Tempo	A apresentação não usou o tempo de forma adequada.	A exigência de tempo foi atendida e os objetivos alcançados.	A exigência de tempo foi atendida e o grupo apresentou aspectos além dos solicitados.
Conteúdo	Ausência de informações sobre os pontos importantes do tema.	Informações completas com detalhes básicos.	Informações completas e aspectos adicionais bem detalhados.
Capacidade de relacionar o tema aos fenômenos óticos	Não relacionou as estruturas do olho aos fundamentos da Física.	Relacionou de forma superficial as estruturas do olho aos fundamentos da Física.	Explicou de maneira consistente os fundamentos físicos relacionados com as estruturas do olho humano.

<p>Clareza nas explicações e domínio do tema</p>	<p>A apresentação não expressa os principais pontos de forma clara. O grupo apresenta pouco ou nenhum domínio do tema. O vocabulário é inadequado para uma apresentação.</p>	<p>A apresentação expressa os principais pontos de forma clara, com alguns lapsos de compreensão. O grupo apresenta um domínio adequado do tema. O vocabulário é adequado para uma apresentação.</p>	<p>A apresentação expressa os principais pontos de forma clara, com compreensão profunda das estruturas. O grupo apresenta um domínio aprofundado do tema. O vocabulário é adequado para uma apresentação.</p>
<p>Recursos utilizados e qualidade gráfica</p>	<p>Ausência de recursos didáticos para proporcionar o entendimento da plateia.</p>	<p>Recursos didáticos adequados e de boa qualidade para a apresentação do tema.</p>	<p>Utilização de recursos didáticos criativos e de boa qualidade que possibilitam a compreensão completa do tema pela plateia.</p>
<p>Cumprimento dos prazos estabelecidos</p>	<p>O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.</p>	<p>O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.</p>	<p>O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.</p>
<p>Atitude durante a apresentação dos outros grupos</p>	<p>Os integrantes do grupo não respeitaram o momento de apresentação dos colegas.</p>	<p>Os integrantes do grupo respeitaram o momento de apresentação dos colegas.</p>	<p>Os integrantes do grupo respeitaram o momento de apresentação dos colegas e trouxeram contribuições positivas durante os trabalhos.</p>
<p>Preenchimento do diário de bordo</p>	<p>O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.</p>	<p>O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.</p>	<p>O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 10 – Rubrica postagem no *Instagram* da Tarefa 1 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5)

Nota	0,7	1,7	2,5
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Conteúdo	Ausência de informações sobre os pontos importantes do tema.	Informações completas com detalhes básicos.	Informações completas e aspectos adicionais bem detalhados.
Qualidade da postagem no <i>Instagram</i> (formato e estrutura da apresentação do conteúdo)	Elementos visuais que não auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de pouca qualidade ou inadequadas. Estrutura de apresentação desorganizada ou incoerente.	Elementos visuais e recursos didáticos que auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de qualidade adequada. Estrutura de apresentação coerente.	Elementos visuais e recursos didáticos criativos que auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de boa qualidade. Estrutura de apresentação coerente e bem desenvolvida.
Qualidade da redação do texto explicativo	Texto com erros ortográficos e gramaticais. Linguagem inadequada.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada e acessível para o público leigo.
Cumprimento dos prazos estabelecidos	O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.
Preenchimento do diário de bordo	O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3.1.2 Rubricas da Tarefa 2

A Tarefa 2 é composta por 3 atividades diferentes, distribuídas entre os grupos, para avaliar essa etapa foram elaboradas 3 rubricas específicas, apresentadas nos Quadros 11, 12 e 13, cada uma valendo 25 pontos.

Quadro 11 – Rubrica para entrevista da Tarefa 2 (Grupos 1 e 2)

Nota	1,5	3,5	5,0
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Desenvolvimento das perguntas	Perguntas inadequadas e não consistentes com o tema.	Perguntas bem elaboradas e adequadas ao tema.	Perguntas bem elaboradas e adequadas ao tema, relacionando-o à Física.
Formato de apresentação dos resultados	Apresentação das respostas inadequada, pobre em informações.	Apresentação das respostas consistente com a pesquisa e de fácil entendimento.	Apresentação das respostas consistente com a pesquisa e de fácil entendimento, relacionando-as aos aspectos estudados em aula.
Qualidade da postagem no Instagram (formato e estrutura da apresentação do conteúdo)	Postagem pobre em elementos visuais. Ilustrações de pouca qualidade ou inadequadas. Ausência de informações relevantes.	Postagem com elementos visuais adequados. Ilustrações de boa qualidade. Apresentação das informações mais relevantes obtidas na entrevista.	Postagem com elementos visuais adequados e criativos. Ilustrações de boa qualidade. Apresentação criativa e bem elaborada das informações mais relevantes obtidas na entrevista.
Cumprimento dos prazos estabelecidos	O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.
Preenchimento do diário de bordo	O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 12 – Rubrica para maquete da Tarefa 2 (Grupo 3)

Nota	1,1	2,5	3,6
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Escolha dos materiais	Uso de materiais frágeis, perigosos ou difícil manuseio.	Uso de materiais acessíveis e de baixo custo.	Uso de materiais de baixo custo e alternativos, empregados de maneira criativa.
Método de construção da maquete	Construção mal elaborada e instável.	Construção bem elaborada e consistente.	Construção bem elaborada e de qualidade adequada.
Qualidade visual da maquete	Baixa qualidade visual e falta de empenho na elaboração.	Qualidade visual adequada, com estruturas coerentes.	Ótima qualidade visual e visível preocupação com aparência geral e os acabamentos.
Nível de precisão das estruturas representadas	Desproporcional. Formatos inconsistentes com as estruturas reais.	Representação adequada das estruturas e apresentação coerente.	Representação fiel e precisa das estruturas do olho, com uma apresentação criativa e dinâmica dessas partes.
Texto explicativo das estruturas	Falta de explicação adequada das estruturas. Texto com erros ortográficos e gramaticais. Linguagem inadequada.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada. Expressa os principais aspectos das estruturas apresentadas de forma clara.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada e acessível para o público, expressando com clareza os principais aspectos das estruturas apresentadas.
Cumprimento dos prazos estabelecidos	O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.
Preenchimento do diário de bordo	O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 13 – Rubrica para pesquisa da Tarefa 2 (Grupos 4 e 5)

Nota	1,2	3,0	4,2
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Abordagem estratégica para o desenvolvimento dos instrumentos de pesquisa	Instrumentos de pesquisa desordenados ou inadequados.	Instrumentos de pesquisa bem elaborados e adequados para a proposta.	Instrumentos de pesquisa bem elaborados e adequados para a proposta, com perguntas claras e pertinentes ao tema.
Análise de dados	Análise de dados desorganizada e incoerente.	Análise de dados completa e adequada.	Análise de dados completa e bem desenvolvida, organizando e categorizando as informações obtidas de forma coerente com o tema.
Formato de apresentação dos dados	Apresentação dos resultados inadequada, pobre em informações e sem organização.	Apresentação dos resultados consistente com a pesquisa e de fácil entendimento, utilizando recursos gráficos e tabelas.	Apresentação dos resultados coerente e bem organizada, com utilização de recursos gráficos e tabelas, comunicando de forma clara e criativa a análise dos dados obtidos.
Comparação com os dados oficiais	O grupo não relacionou os dados obtidos na pesquisa com os dados oficiais disponíveis sobre o tema.	O grupo relacionou os dados obtidos na pesquisa com os dados oficiais disponíveis sobre o tema.	O grupo relacionou, de forma aprofundada e analítica, os dados obtidos na pesquisa com os dados oficiais disponíveis sobre o tema.
Cumprimento dos prazos estabelecidos	O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.
Preenchimento do diário de bordo	O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3.1.3 Rubrica da Tarefa 4

A Tarefa 4, que consistiu na elaboração e postagem de uma publicação no *Instagram* sobre alguns distúrbios oculares, relacionando-os com os princípios físicos estudados anteriormente, foi avaliada através de uma rubrica, valendo 25 pontos e apresentada a seguir, no Quadro 14.

Quadro 14 – Rubrica postagem no *Instagram* da Tarefa 4 (Grupos 1, 2, 3, 4 e 5)

Nota	1,2	3,0	4,2
Critério	Insatisfatório	Aceitável	Excelente
Conteúdo	Ausência de informações sobre os pontos importantes do tema.	Informações completas com detalhes básicos.	Informações completas e aspectos adicionais bem detalhados.
Qualidade da postagem no <i>Instagram</i> (formato e estrutura da apresentação do conteúdo)	Elementos visuais que não auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de pouca qualidade ou inadequados. Estrutura de apresentação desorganizada ou incoerente.	Elementos visuais e recursos didáticos que auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de qualidade adequada. Estrutura de apresentação coerente.	Elementos visuais e recursos didáticos criativos que auxiliam na compreensão do tema. Ilustrações de boa qualidade. Estrutura de apresentação coerente e bem desenvolvida.
Capacidade de relacionar o tema aos fenômenos óticos	Não relacionou os distúrbios oculares aos fundamentos da Física.	Relacionou de forma superficial os distúrbios oculares aos fundamentos da Física.	Explicou de maneira consistente os fundamentos físicos relacionados com os distúrbios oculares.
Qualidade da redação do texto explicativo	Texto com erros ortográficos e gramaticais. Linguagem inadequada.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada.	Texto sem erros ortográficos e gramaticais. Linguagem adequada e acessível ao público leigo.
Cumprimento dos prazos estabelecidos	O grupo não cumpriu os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos.	O grupo cumpriu todos os prazos estabelecidos, apresentando um trabalho exemplar.

Preenchimento do diário de bordo	O grupo não preencheu integralmente o diário de bordo.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa.	O grupo preencheu o diário de bordo de forma completa e detalhada.
---	--	--	--

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3.1.4 Resultados das rubricas

Conforme explicitado nas seções anteriores, a Tarefa 1 teve como objetivo a construção dos conhecimentos sobre as estruturas do olho humano e foi desenvolvida da mesma forma para todos os grupos, variando apenas as estruturas que cada grupo deveria pesquisar e apresentar. A Tabela 2 apresenta a pontuação obtida pelos grupos em cada critério de avaliação da apresentação realizada sobre as estruturas do olho.

Tabela 2 – Resultados rubrica da apresentação (Tarefa 1)

Critérios	Grupo	Turma A					Turma B				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tempo		1,6	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,0	1,6
Conteúdo		1,0	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,0	1,6	1,0	1,0
Capacidade de relacionar o tema aos fenômenos óticos		1,6	0	1,6	1,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0
Clareza nas explicações e domínio do tema		1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,0	1,0	1,0
Recursos utilizados e qualidade gráfica		1,6	0	1,6	1,0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0
Cumprimento dos prazos estabelecidos		1,6	0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Atitude durante a apresentação dos outros grupos		1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Preenchimento do diário de bordo		1,6	0	1,6	1,0	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,0
Pontuação Final		11,0	0	11,6	9,8	9,8	11,0	11,0	10,4	8,6	9,2

Legenda da pontuação: insatisfatório (0,3); aceitável (1,0); excelente (1,6).

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na Tabela 2 que nenhum dos grupos atingiu a pontuação máxima (12,5 pontos), mas a maioria se manteve acima da média (7,5 pontos), com exceção do grupo 2 da Turma A, que não realizou a apresentação nem preencheu o diário de bordo.

Além das apresentações, a Tarefa 1 também contemplou o desenvolvimento e posterior divulgação de uma publicação no *Instagram*. As notas obtidas pelos grupos na avaliação desse material são apresentadas na Tabela 3, na qual é possível identificar que os grupos tiveram um desempenho relativamente semelhante ao da rubrica da apresentação. Novamente, o grupo 2 da Turma A não obteve pontuação por não desenvolver a publicação. Em contrapartida, os grupos 1 de ambas as turmas e o grupo 3 da Turma A atingiram a pontuação máxima (12,5 pontos).

Tabela 3 – Resultados rubrica da publicação (Tarefa 1)

Critérios	Grupo	Turma A					Turma B				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Conteúdo		2,5	0	2,5	1,7	2,5	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5
Qualidade da postagem no <i>Instagram</i>		2,5	0	2,5	0,7	1,7	2,5	1,7	1,7	1,7	2,5
Qualidade da redação do texto explicativo		2,5	0	2,5	1,7	1,7	2,5	2,5	1,7	1,7	2,5
Cumprimento dos prazos estabelecidos		2,5	0	2,5	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Preenchimento do diário de bordo		2,5	0	2,5	1,7	1,7	2,5	1,7	2,5	1,7	1,7
Pontuação Final		12,5	0	12,5	7,5	10,1	12,5	10,1	10,9	9,3	11,7

Legenda da pontuação: insatisfatório (0,7); aceitável (1,7); excelente (2,5).

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tarefa 2, que contemplava diferentes atividades para cada grupo, foi avaliada através de 3 rubricas.

Os grupos 1 e 2, responsáveis pela realização de uma entrevista com profissionais da oftalmologia e da ótica, tiveram um ótimo desempenho, apresentado na Tabela 4, na qual observa-se que o rendimento dos grupos foi maior que 80% em relação à pontuação máxima (25 pontos); exceto o grupo 2 da Turma A que – apesar de ter um profissional da ótica acessível, conforme observado na seção 4.2.1.1 – só

desenvolveu as perguntas, mas não realizou a entrevista e, conseqüentemente, não efetivou a publicação com os resultados.

Tabela 4 – Resultados rubrica da entrevista (Tarefa 2)

Critérios	Grupo	Turma A		Turma B	
		1	2	1	2
Desenvolvimento das perguntas		5,0	3,5	3,5	3,5
Formato de apresentação dos resultados		3,5	0	3,5	3,5
Qualidade da postagem no <i>Instagram</i>		5,0	0	3,5	3,5
Cumprimento dos prazos estabelecidos		5,0	1,5	5,0	5,0
Preenchimento do diário de bordo		5,0	3,5	5,0	5,0
Pontuação Final		23,5	8,5	20,5	20,5

Legenda da pontuação: insatisfatório (1,5); aceitável (3,5); excelente (5,0).

Fonte: Elaborado pela autora.

A avaliação da segunda atividade da Tarefa 2, que consistiu na construção de uma maquete do olho humano, destinada aos grupos 3, foi uma das que apresentou maior disparidade entre notas de um grupo. Enquanto o grupo da Turma A atingiu a pontuação máxima, o respectivo grupo da Turma B obteve um rendimento 30% menor, conforme apresentado na Tabela 5. Em decorrência da necessidade de arredondamentos nas notas de cada critério, a pontuação máxima dessa rubrica excedeu a pontuação da Tarefa em 0,2 ponto.

Tabela 5 – Resultados rubrica da maquete (Tarefa 2)

Critérios	Grupo	Turma A	Turma B
		3	3
Escolha dos materiais		3,6	3,6
Método de construção da maquete		3,6	2,5
Qualidade visual da maquete		3,6	2,5
Nível de precisão das estruturas representadas		3,6	2,5
Texto explicativo das estruturas		3,6	1,1
Cumprimento dos prazos estabelecidos		3,6	2,5
Preenchimento do diário de bordo		3,6	3,6
Pontuação Final		25,2	18,3

Legenda da pontuação: insatisfatório (1,1); aceitável (2,5); excelente (3,6).

Fonte: Elaborado pela autora.

Por outro lado, na atividade de pesquisa, realizada pelos grupos 4 e 5, a pontuação das duas turmas ficou bem semelhante, resultando em uma média de 72% de rendimento em relação à pontuação máxima de 25 pontos (Tabela 6). Em ambas as turmas, apesar de desenvolverem os instrumentos de pesquisa e realizá-la de forma adequada, os grupos tiveram dificuldades em analisar e apresentar os dados de maneira apropriada, mesmo com a orientação da professora.

Tabela 6 – Resultados rubrica da pesquisa (Tarefa 2)

Critérios	Grupo	Turma A		Turma B	
		4	5	4	5
Abordagem estratégica para desenvolver os instrumentos de pesquisa		4,2	4,2	4,2	4,2
Análise de dados		3,0	3,0	3,0	3,0
Formato de apresentação dos dados		3,0	3,0	1,2	1,2
Comparação com os dados oficiais		1,2	1,2	1,2	1,2
Cumprimento dos prazos estabelecidos		4,2	4,2	4,2	4,2
Preenchimento do diário de bordo		3,0	3,0	3,0	4,2
Pontuação Final		18,6	18,6	16,8	18,0

Legenda da pontuação: insatisfatório (1,2); aceitável (3,0); excelente (4,2).

Fonte: Elaborado pela autora.

A última tarefa, que consistia na pesquisa e desenvolvimento de uma publicação sobre alguns distúrbios oculares, foi comum a todos. As respectivas notas obtidas pelos grupos em cada critério de avaliação da publicação são apresentadas na Tabela 7, a seguir. Assim como na rubrica da maquete, a necessidade de arredondamentos nas notas de cada critério resultou em uma pontuação máxima que excedeu a pontuação da Tarefa em 0,2 ponto.

Nesta última tarefa, os grupos atingiram pontuações semelhantes, todos acima da média (15 pontos), com destaque para o grupo 1 da Turma A que obteve a pontuação máxima por cumprir com excelência a atividade proposta.

Tabela 7 – Resultados rubrica da postagem (Tarefa 4)

Critérios	Grupo	Turma A					Turma B				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Conteúdo		4,2	3,0	4,2	3,0	3,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Qualidade da postagem no <i>Instagram</i>		4,2	3,0	3,0	4,2	3,0	4,2	3,0	4,2	4,2	3,0
Capacidade de relacionar o tema aos fenômenos óticos		4,2	3,0	4,2	3,0	3,0	3,0	4,2	4,2	3,0	4,2
Qualidade da redação do texto explicativo		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Cumprimento dos prazos estabelecidos		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Preenchimento do diário de bordo		4,2	3,0	4,2	3,0	4,2	4,2	4,2	3,0	1,2	4,2
Pontuação Final		25,2	20,4	24,0	21,6	21,6	24,0	24,0	24,0	21,0	24,0

Legenda da pontuação: insatisfatório (1,2); aceitável (3,0); excelente (4,2).

Fonte: Elaborado pela autora.

A pontuação final obtida por cada grupo, por tarefa, é apresentada a seguir, na Tabela 8.

Tabela 8 – Pontuação final por grupo na avaliação das tarefas

Grupo	Turma A					Turma B				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Tarefa 1	23,5	0	24,1	17,3	19,9	23,5	21,1	21,3	17,9	20,9
Tarefa 2	23,5	8,5	25,2	18,6	18,6	20,5	20,5	18,3	16,8	18,0
Tarefa 3	19,8	17,6	15,5	20,3	23,9	22,6	23,5	21,7	22,2	21,4
Tarefa 4	25,2	20,4	24,0	21,6	21,6	24,0	24,0	24,0	21,0	24,0
Pontuação Final	92,0	46,5	88,8	77,8	84,0	90,6	89,1	85,3	77,9	84,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando-se a Tabela 8, observa-se que – com exceção do grupo 2 da Turma A que, em decorrência da falta de comprometimento na realização das primeiras tarefas, obteve uma pontuação baixa – todos os grupos tiveram um ótimo rendimento, acima da média da escola (60 pontos).

É importante ressaltar que as notas de cada rubrica eram divulgadas para os grupos, no máximo, uma semana após a realização ou entrega das atividades, desse modo, todos estavam cientes da pontuação atingida em cada etapa do projeto.

Não houve questionamentos a respeito das notas, apenas uma conversa com um dos integrantes do grupo 4 da Turma B, em que o aluno expôs que não achava justo receber a mesma nota que os colegas, pois ele estaria fazendo a parte dele e cobrindo as responsabilidades de uma colega de grupo afastada da escola naquele período. Na conversa, a professora explicou que, além da nota do grupo, ainda teria a avaliação individual e que seria levado em consideração o exposto pelo aluno.

4.2.3.2 Avaliações individuais

Além das tarefas, o processo avaliativo também contemplou uma segunda nota, composta da seguinte maneira:

- a) 30 pontos da média aritmética das avaliações dos colegas, em que cada grupo respondeu a um questionário (Figura 17), avaliando o desempenho dos outros grupos em 6 critérios, atribuindo uma nota de 1 a 5;
- b) 30 pontos correspondentes à média aritmética da autoavaliação individual (Figura 18) e da autoavaliação do grupo (Figura 19) (o questionário foi composto por 6 perguntas de autoavaliação individual e 6 perguntas de autoavaliação do grupo, cada uma valendo 5 pontos);
- c) 40 pontos correspondentes à participação, ao engajamento e à dedicação do aluno, avaliados pelas observações do professor em sala de aula e nos grupos de *WhatsApp*, assim como as considerações no diário de bordo docente.

Figura 17 – Questionário de avaliação dos colegas (por grupo)

Grupo:

 Dê uma nota de 1 a 5 para cada grupo nos critérios listados a seguir:

Crítérios	1	2	3	4	5
Clareza nas explicações					
Postura durante o projeto					
Domínio do tema					
Trabalho organizado e compreensível					
Qualidade gráfica nas postagens do <i>Instagram</i>					
Habilidade de trabalhar em equipe					
Soma das notas atribuídas					

Fonte: Elaborado pela autora.

Os questionários de autoavaliação apresentados na sequência (Figuras 18 e 19) contemplam 4 questões adicionais, 2 em cada questionário, para a avaliação qualitativa do projeto, sem atribuição de nota.

Figura 18 – Questionário de autoavaliação individual

Nome:

Grupo:

 Para cada afirmação a seguir, escolha a opção da escala que mais caracteriza sua participação e desempenho durante o projeto.

1. Realizei todas as tarefas propostas dentro do prazo.

 1 2 3 4 5

2. Participei do desenvolvimento de todas as tarefas do meu grupo.

 1 2 3 4 5

3. Exerci adequadamente minha função no grupo.

 1 2 3 4 5

4. Meu trabalho é organizado, claro e compreensível.

 1 2 3 4 5

5. Ajudei outros integrantes do grupo em suas tarefas.

 1 2 3 4 5

6. No geral, meu trabalho foi.

 Ruim Razoável Bom Muito bom Excelente

Questões adicionais:

a) Liste as atividades que você desenvolveu ao longo do projeto.

b) Aprendi que preciso melhorar:

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a autoavaliação do grupo, nas questões de 1 a 5, a escala corresponde à seguinte pontuação:

- a) “nunca” equivale a 0;
- b) “raramente” equivale a 1 ponto;
- c) “na maioria das vezes” equivale a 3 pontos;
- d) “sempre” equivale a 5 pontos.

Figura 19 – Questionário de autoavaliação do grupo

Nome:

Grupo:

Para cada afirmação a seguir, escolha a opção da escala que mais caracteriza a participação e o desempenho do seu grupo durante o projeto.

1. Utilizamos variadas fontes de pesquisas nas tarefas.

() Sempre () Na maioria das vezes () Raramente () Nunca

2. Tivemos facilidade em cumprir os prazos.

() Sempre () Na maioria das vezes () Raramente () Nunca

3. Tivemos facilidade em nos organizar na distribuição de tarefas.

() Sempre () Na maioria das vezes () Raramente () Nunca

4. Obtivemos bons resultados em nossas pesquisas.

() Sempre () Na maioria das vezes () Raramente () Nunca

5. Nos dedicamos na elaboração das postagens.

() Sempre () Na maioria das vezes () Raramente () Nunca

6. Dê uma nota de 1 a 5 para cada membro do seu grupo, avaliando a participação e o empenho de cada um:

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

Questões adicionais:

a) A maior dificuldade do grupo foi:

b) Temos orgulho de apresentar o projeto para a comunidade.

() Sim () Não

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3.2.1 Resultados das avaliações individuais

No último dia do projeto, cada grupo se reuniu e realizou uma avaliação dos demais, através de um questionário *online* no *Google Forms*. As médias aritméticas da pontuação obtida pelos grupos em cada critério são apresentadas na Tabela 9, a

seguir, onde a pontuação máxima em cada um dos seis critérios é 5 pontos, somando os 30 pontos correspondentes à avaliação dos colegas.

Tabela 9 – Resultados da avaliação dos grupos (30 pontos)

Critérios	Grupo	Turma A					Turma B				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Clareza nas explicações		4,5	1,75	4,0	4,5	4,0	4,25	4,5	3,0	3,75	4,0
Postura durante o projeto		4,75	2,25	3,75	4,25	3,75	3,75	3,0	2,5	3,5	3,75
Domínio do tema		4,0	2,0	3,75	3,75	4,25	4,25	4,25	2,75	3,25	3,75
Trabalho organizado e compreensível		4,75	1,5	4,5	4,25	4,75	4,0	3,75	3,25	3,5	3,75
Qualidade gráfica nas postagens		4,5	3,0	5,0	4,75	4,5	3,0	2,75	3,0	3,25	3,75
Habilidade de trabalhar em equipe		4,75	3,0	3,5	4,75	4,5	4,25	4,0	4,0	3,5	3,25
Pontuação Final		27,3	13,5	24,5	26,3	25,8	23,5	22,3	18,5	20,8	22,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na Tabela 9 que os grupos foram efetivamente críticos em relação aos colegas, demonstrando uma capacidade de avaliar analiticamente o que foi apresentado, confrontando com o que era esperado em cada etapa.

Durante o preenchimento dos questionários, em ambas as turmas, houve o questionamento sobre a divulgação desses resultados, momento em que professora explicou que os grupos só teriam acesso à nota final e não às votações individuais. Acredita-se que esse esclarecimento contribuiu para uma avaliação mais sincera e crítica por parte dos grupos.

Após a realização da avaliação dos grupos, cada aluno respondeu individualmente a mais dois questionários, dessa vez para definição das notas da etapa de autoavaliação, que é composta por duas partes, individual e do grupo, cuja média compõe a segunda nota desta etapa (30 pontos).

No Gráfico 1, são apresentadas as distribuições dos pontos de autoavaliação individual, cuja pontuação máxima era 30 pontos. Nos gráficos a seguir, a 2ª série A é identificada como A, enquanto a 2ª série B é designada como B.

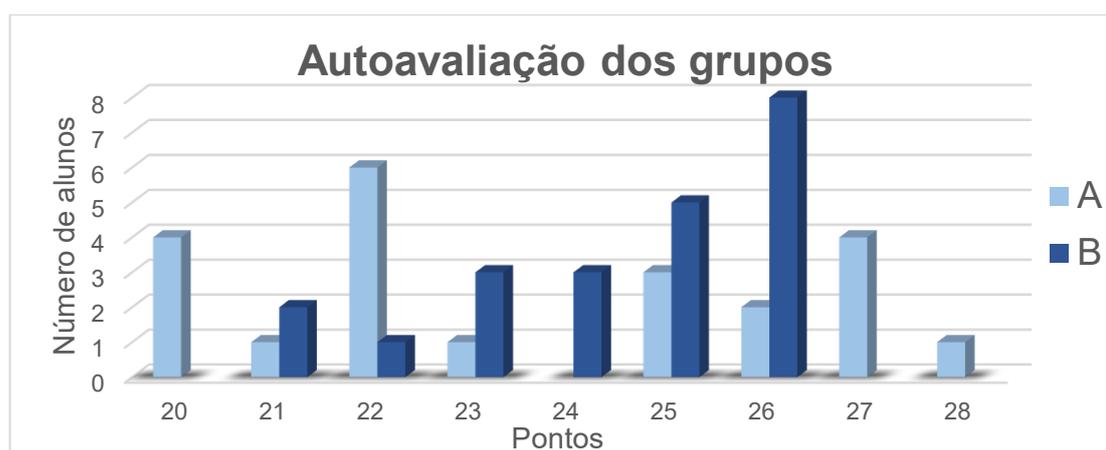
Gráfico 1 – Distribuição de pontos da autoavaliação individual dos alunos das turmas das 2^{as} séries A e B



Fonte: Elaborado pela autora.

Na segunda parte do processo de autoavaliação, cada estudante avaliou o próprio grupo, assim como o desempenho dos colegas integrantes do grupo. Os resultados dessa avaliação são apresentados no Gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2 – Distribuição de pontos da autoavaliação dos grupos dos alunos das turmas das 2^{as} séries A e B



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao processo de autoavaliação, um dos aspectos mais notáveis foi a consonância entre a autoavaliação individual e a do grupo, demonstrando que os estudantes fizeram uma análise crítica e coerente tanto do seu desempenho, quanto do que foi produzido pelo grupo.

No Gráfico 3, são apresentadas as pontuações finais da etapa de autoavaliação dos alunos. Ao comparar-se os dados de cada turma, pode-se perceber uma diferença

na distribuição das notas: enquanto na 2ª série A as notas foram distribuídas em um intervalo de 10 pontos de diferença entre a primeira e última nota, os alunos da 2ª série B obtiveram uma distribuição de notas mais concentrada, em um intervalo de 6 pontos entre as menores e as maiores notas.

Gráfico 3 – Distribuição de pontos da média das autoavaliações (individual e grupal) dos alunos das turmas das 2ªs séries A e B (30 pontos)



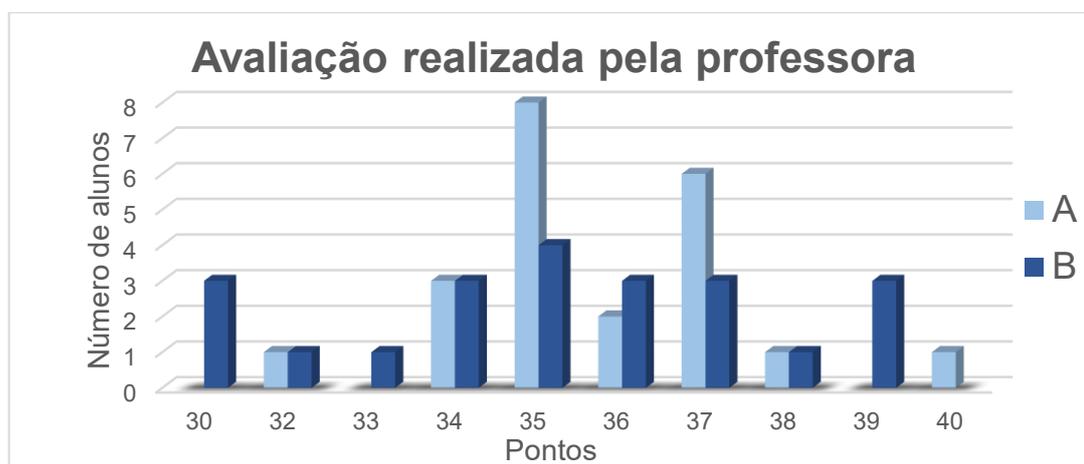
Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar das diferenças na distribuição das notas apresentadas no Gráfico 3, ambas as turmas apresentaram uma pontuação média semelhante: 23,9 pontos na 2ª série A e 24,5 pontos na 2ª série B.

Por fim, compondo a terceira nota desta etapa do projeto, tem-se a avaliação realizada pela professora a partir da observação da participação, dedicação e engajamento dos estudantes no desenvolvimento do projeto, assim como a avaliação do desempenho das funções de cada integrante dos grupos. Nessa nota, cuja pontuação máxima equivalia a 40 pontos, também foram considerados os relatos dos diários de bordo, as interações nos grupos de *WhatsApp* e os comentários dos alunos na avaliação dos colegas de grupo (questão 6 do questionário de autoavaliação do grupo, representado na Figura 19).

No Gráfico 4, são apresentadas as distribuições das notas obtidas pelos alunos nessa fase de avaliação, em cada turma. É possível observar que nesta etapa avaliativa, a distribuição das notas ocorreu de forma contrária à das autoavaliações (Gráfico 3). Nesse caso, as notas foram mais dispersas na 2ª série B e tiveram uma distribuição mais concentrada na 2ª série A.

Gráfico 4 – Distribuição de pontos da avaliação realizada pela professora referente aos alunos das turmas das 2^{as} séries A e B (40 pontos)

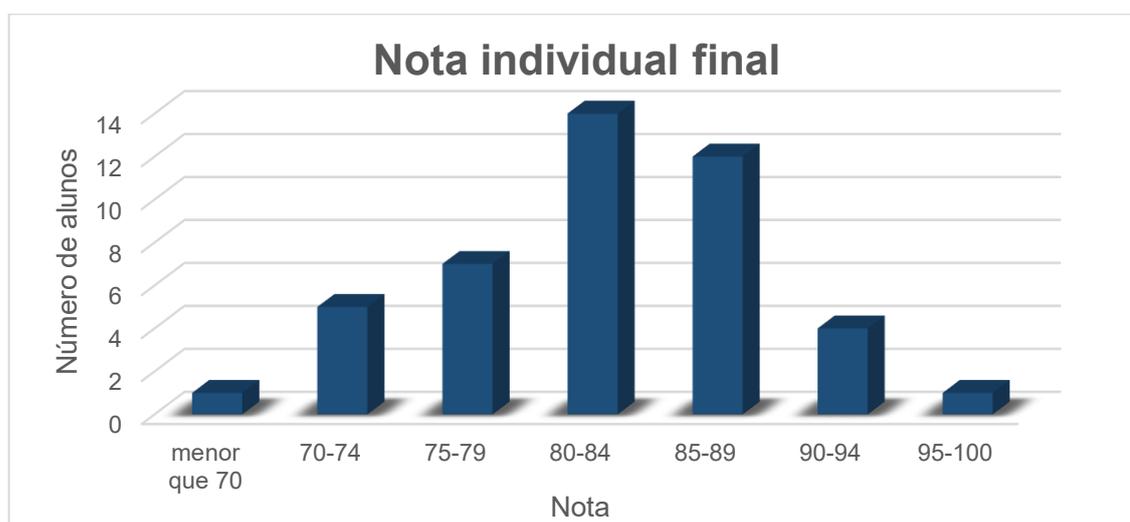


Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado pode ser explicado pelo rendimento dos alunos nas atividades e pela elaboração dos produtos do projeto pelos grupos. Enquanto na 2^a série A houve uma discrepância maior entre os estudantes em relação ao engajamento e à dedicação para o desenvolvimento das atividades, na 2^a série B, os grupos demonstraram empenho e comprometimento mais homogêneos. Além disso, há também os casos pontuais de cada turma, comentados na seção 4.2.1.1.

Por fim, no Gráfico 5 são apresentados os resultados finais do processo de avaliação individual que consistiu na segunda nota do projeto.

Gráfico 5 – Distribuição das notas da avaliação individual dos alunos da 2^a série (100 pontos)



Fonte: Elaborado pela autora.

Observando o Gráfico 5, é possível perceber que os alunos apresentaram um ótimo desempenho, com uma média de 82,2 pontos. Entre os 44 estudantes participantes do projeto, apenas 1 ficou com uma pontuação abaixo de 70 pontos, mas ainda assim, acima da média (60 pontos). Além disso, 70% dos alunos obtiveram notas acima de 80 pontos e desses, 5 atingiram um rendimento superior a 90%.

4.2.4 Instrumentos avaliativos do projeto

Tendo em vista que a metodologia ABP compreende tanto o desenvolvimento de habilidades conceituais e técnicas do tema estudado, quanto de habilidades cognitivas e colaborativas, para a avaliação da proposta didática elaborou-se um questionário composto por 2 partes: a primeira avaliando a aprendizagem dos alunos sobre o tema do trabalho, e a segunda considerando a percepção dos estudantes sobre a metodologia e o desenvolvimento do projeto.

A primeira parte do questionário contempla conceitos e princípios sobre as estruturas do olho humano e alguns distúrbios visuais, conforme mostra a Figura 20.

Figura 20 – Questionário de avaliação do projeto (parte 1: estruturas do olho humano e distúrbios visuais)

(continua)

Sobre o funcionamento do olho humano e dos distúrbios oculares, responda:

1. Em qual parte do olho existem receptores sensíveis a luz, para a imagem ser formada?

- a) Retina b) Íris c) Córnea d) Pupila e) Não sei

2. Qual parte do olho é responsável por controlar a entrada de luz, funcionando como um “diafragma”?

- a) Retina b) Íris c) Córnea d) Cristalino e) Não sei

3. Qual parte do olho funciona como uma lente de vergência variável?

- a) Córnea b) Íris c) Cristalino d) Retina e) Não sei

4. Qual receptor sensível à luz é responsável por identificar as cores?

- a) Bastonetes b) Fóvea c) Cones d) Coroide e) Não sei

5. Qual é a estrutura que define a cor dos olhos?

- a) Retina b) Íris c) Pupila d) Cristalino e) Não sei

(conclusão)

6. Quais das anomalias da visão a seguir faz a pessoa enxergar mal apenas objetos próximos?

- a) Miopia e hipermetropia
- b) Miopia e catarata
- c) Presbiopia e miopia
- d) Hipermetropia e presbiopia
- e) Não sei

7. A pessoa que possui um olho alongado apresenta qual anomalia da visão?

- a) Hipermetropia
- b) Miopia
- c) Daltonismo
- d) Astigmatismo
- e) Não sei

8. A pessoa que possui um olho curto apresenta qual anomalia da visão?

- a) Hipermetropia
- b) Miopia
- c) Daltonismo
- d) Astigmatismo
- e) Não sei

9. Lentes divergentes são utilizadas para corrigir qual das anomalias a seguir?

- a) Miopia
- b) Presbiopia
- c) Astigmatismo
- d) Hipermetropia
- e) Não sei

10. Lentes convergentes são utilizadas para corrigir qual das anomalias a seguir?

- a) Miopia
- b) Hipermetropia
- c) Astigmatismo
- d) Catarata.
- e) Não sei

11. Qual anomalia da visão é conhecida popularmente como “vista cansada”?

- a) Hipermetropia
- b) Catarata
- c) Miopia
- d) Presbiopia
- e) Não sei

12. Qual das anomalias abaixo está relacionada com a visão das cores?

- a) Presbiopia
- b) Daltonismo
- c) Miopia
- d) Catarata
- e) Não sei

13. A catarata afeta qual estrutura do olho?

- a) Íris
- b) Córnea
- c) Cristalino
- d) Retina
- e) Não sei

Fonte: Elaborado pela autora.

Já na segunda parte do questionário (Figura 21), busca-se compreender a percepção dos estudantes sobre o projeto, assim como, avaliar as potencialidades da metodologia na aprendizagem da Física e no desenvolvimento de habilidades cognitivas.

Figura 21 – Questionário de avaliação do projeto (parte 2)

Sobre o desenvolvimento do projeto, responda:

1. Você gostou da metodologia de ensino utilizada no projeto?
 - a) Sim
 - b) Não
2. Você desenvolveu alguma habilidade durante o projeto? Se sim, qual(is)?
3. Qual foi a atividade que você mais gostou? Por quê?
4. O que achou do papel desempenhado pela professora durante o projeto?
5. Sobre a duração do projeto, você diria que:
 - a) poderia ter durado mais tempo
 - b) poderia ter durado menos tempo
 - c) teve a duração adequada
6. Na apresentação do projeto, com o vídeo e o teste de acuidade visual, você ficou interessado no tema?
7. O projeto desenvolvido tem relação com seu cotidiano?
8. Dê uma nota de 1 a 10 para cada item a seguir, sendo 1 para “pouco ou nada desenvolvido” e 10 para “bem desenvolvido”.

Critérios	Nota
Trabalho em equipe e habilidades colaborativas	
Habilidade de resolução de problemas	
Autonomia	
Interdisciplinaridade	
Motivação	

9. Dê uma nota de 1 a 10 para as atividades de cada tarefa.

Tarefa	Nota
Tarefa 1	
Tarefa 2	
Tarefa 3	
Tarefa 4	

10. Alguma observação ou relato que queira fazer sobre o projeto?

Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes responderam ao questionário de avaliação da proposta didática durante a aula de encerramento do projeto, na sexta semana, quando foi disponibilizado o *link* de acesso ao questionário no *Google Forms*. Nas seções a seguir, são apresentados os resultados obtidos através desse instrumento, assim como as análises desses dados.

4.2.4.1 Avaliação sobre a aprendizagem do tema estudado

Conforme descrito anteriormente, a primeira parte do questionário tinha como objetivo avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre o tema do projeto. Os resultados obtidos nessa etapa, sobre as estruturas do olho e os distúrbios oculares estudados, são apresentados na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 – Desempenho dos estudantes sobre as estruturas do olho humano e distúrbios visuais

	<i>Porcentagem de acertos</i>		
	Turma A	Turma B	Média geral
Questão 1	52,6	75,0	64,1%
Questão 2	47,4	40,0	43,6%
Questão 3	63,2	65,0	64,1%
Questão 4	63,2	75,0	69,2%
Questão 5	73,7	90,0	82,1%
Questão 6	47,4	80,0	64,1%
Questão 7	36,8	65,0	51,3%
Questão 8	52,6	70,0	61,5%
Questão 9	52,6	75,0	64,1%
Questão 10	42,1	65,0	53,8%
Questão 11	73,7	85,0	79,5%
Questão 12	100,0	100,0	100%
Questão 13	47,4	65,0	56,4%
Média final	57,9	73,1	65,7%

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na tabela acima que os alunos apresentaram um rendimento adequado, com uma média geral de 65,7% de aproveitamento, em especial na Turma B, cuja média de acertos ficou em 73,1%, enquanto na Turma A esse valor foi de 57,9%. Além disso, em ambas as turmas, a resposta correta foi a alternativa mais escolhida pelos estudantes, em todas as questões.

É pertinente destacar que, durante a aplicação do questionário, os alunos estavam cientes de que o desempenho nesse instrumento avaliativo não seria considerado na determinação de suas notas, sendo utilizado apenas para a avaliação do projeto. Além disso, ao longo do desenvolvimento do projeto, todo o processo de aprendizagem ocorreu através de métodos de ensino alternativos ao tradicional – com o qual os alunos estão habituados –, não havendo, portanto, etapas de resolução de exercícios sobre o tema do projeto, apenas durante a atividade de experimentação.

De modo geral, pode-se constatar que, com o emprego da metodologia ABP, os estudantes foram capazes de compreender o conteúdo através de um aprendizado ativo e diversificado, concretizando a aprendizagem significativa de novos conhecimentos sobre os princípios físicos envolvidos no processo de visão do olho humano, assim como de alguns distúrbios visuais.

4.2.4.2 Percepção sobre a metodologia e o projeto

Considerando o desempenho dos alunos e o comprometimento dos grupos no desenvolvimento do projeto, pode-se afirmar que a metodologia foi bem aceita pelas turmas, que aprovaram a proposta de atividades diferentes daquelas comumente utilizadas no método tradicional de ensino.

Essa observação é corroborada pelas respostas ao questionário de avaliação do projeto (Figura 21) – cuja primeira pergunta indagava se os estudantes haviam gostado da metodologia utilizada no projeto – onde 97,4% dos alunos afirmaram gostar da ABP, ou seja, apenas 1 estudante, entre os respondentes, não apreciou o emprego da metodologia ativa.

Na Questão 2, os alunos deveriam responder se haviam desenvolvido alguma habilidade durante o projeto, e, em caso afirmativo, comentar qual habilidade teria sido desenvolvida. Na Tabela 11, a seguir, são apresentadas as respostas obtidas.

Tabela 11 – Percepção dos alunos sobre as habilidades desenvolvidas no projeto

Habilidade desenvolvida	Número de respostas (frequência absoluta)	Frequência relativa
Conhecimentos sobre o olho	19	48,7%
Publicações e criação de conteúdo	7	17,9%
Organização	6	15,4%
Liderança	4	10,3%
Trabalho em equipe	4	10,3%
Habilidades de apresentação	3	7,7%
Comunicação	2	5,1%
Autoconfiança	1	2,6%
Habilidades investigativas e pesquisa	1	2,6%
Senso crítico	1	2,6%
Nenhuma habilidade desenvolvida	3	7,7%

Fonte: Elaborado pela autora.

Percebe-se, na Tabela 11, que, além dos conhecimentos sobre o olho humano, os estudantes consideram que também desenvolveram habilidades cognitivas, como organização, capacidade de liderança, comunicação e apresentação, assim como a criatividade, o senso estético e a capacidade de síntese para a criação de conteúdo e elaboração das publicações.

Já na Questão 3, os estudantes foram questionados sobre qual parte do projeto mais gostaram, os resultados obtidos são apresentados a seguir, na Tabela 12.

Tabela 12 – Percepção dos alunos sobre as atividades que mais gostaram no projeto

Aspectos	Número de respostas (frequência absoluta)	Frequência relativa
Criação de conteúdo e publicações no <i>Instagram</i>	14	35,9%
Experimentação com lentes de gelatina	9	23,1%
Apresentação em sala de aula e elaboração de <i>slides</i>	7	17,9%
Entrevistas	5	12,8%
Aprender sobre o olho humano	4	10,3%
Pesquisa e coleta de dados	4	10,3%
Construção da maquete	2	5,1%
Atividades fora do convencional	1	2,6%
Trabalhar a insegurança	1	2,6%
Trabalho em equipe	1	2,6%

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se, na Tabela 12, que as atividades que os alunos mais gostaram foram, na grande maioria, aquelas que diferem da metodologia tradicional de ensino, ou seja, atividades que colocam os estudantes em um papel ativo na construção do conhecimento, além de desenvolver habilidades cognitivas que ultrapassam os conceitos teóricos dos conteúdos.

O questionário também contemplava a avaliação dos estudantes acerca do papel desempenhado pela professora durante a realização do projeto. Na Questão 4, os alunos foram unânimes ao elogiar as funções desenvolvidas pela docente, ressaltando a importância de levar propostas diferenciadas para a sala de aula.

“Muito importante para que os alunos possam aprender sobre os olhos, de uma forma dinâmica e nova, diferente do tipo de ensino que vemos em

“muitas escolas por aí, admiro muito o profissional que quer dar uma aula diferente” (Aluno 1 da Turma A).

“Muito bom, visto que fomos instruídos devidamente e todas as vezes nas quais tivemos dúvidas, tivemos nossas perguntas sanadas. Além disso, a disposição para promover um trabalho escolar que fosse mais inovador também foi excelente” (Aluno 2 da Turma A).

“Ótimo, sempre tirou nossas dúvidas e ter convidado uma oftalmologista ajudou mais ainda para não termos dúvidas, sem contar que sempre foram claras as funções e atividades dadas” (Aluno 1 da Turma B).

“Fez o papel dela de forma coerente, e super nos entendeu quando dava algum problema” (Aluno 2 da Turma B).

Em relação à duração do projeto (Questão 5), 69% dos alunos julgaram adequado o tempo empregado no desenvolvimento da proposta didática, enquanto 21% acreditaram que poderia ter durado mais tempo; já os 10% restantes consideraram o projeto mais longo que o necessário.

Assim como o tempo de duração, outro aspecto importante na elaboração de um projeto fundamentado na ABP é a definição da âncora, recurso utilizado para proporcionar nos estudantes motivação para o processo de aprendizagem. Ao responderem à Questão 6, que avaliava a efetividade dos elementos usados para despertar o interesse dos alunos no tema, 84,6% afirmaram que ficaram curiosos enquanto assistiam ao vídeo e interessados durante o teste com a Tabela de Snellen.

“Fiquei curioso, a estrutura ocular é algo muito interessante, pequeno e sensível, que influenciou algumas estruturas criadas pelo próprio homem” (Aluno 3 da Turma B).

A relação do projeto com o cotidiano dos estudantes também é um fundamento da metodologia ABP. Através das respostas à Questão 7, foi possível constatar que 79,5% dos alunos consideram que o tema do projeto está relacionado com o seu cotidiano; a respeito dessa relação, alguns estudantes comentaram sobre os distúrbios visuais que possuem, lembraram da importância dos cuidados com a saúde dos olhos, além de apontarem para a relevância do assunto na comunidade.

“Sim, tenho astigmatismo e miopia e não sabia nem da metade das coisas que aprendi no desenvolvimento do trabalho” (Aluno 1 da Turma B).

“Tem, pois muitas das coisas que a gente aprendeu podem ser relacionadas com o nosso cotidiano e alguns cuidados que a gente poderia tomar com a nossa visão” (Aluno 4 da Turma B).

“Acredito que sim, mesmo não tendo nenhuma doença ocular, várias pessoas ao meu redor têm e foi interessante saber mais sobre isso, principalmente para compartilhar com elas” (Aluno 3 da Turma A).

“Sim, pois sempre convivemos com pessoas que possuem problemas oculares, e quanto mais soubermos, melhor de ajudar” (Aluno 5 da Turma B).

No questionário, os estudantes também deveriam avaliar o nível de desenvolvimento de algumas habilidades contempladas na metodologia ABP, como autonomia, resolução de problemas e trabalho em equipe. Desse modo, na Questão 8, os alunos deram notas de 1 a 10 para determinar o quanto desenvolveram cada habilidade; os resultados dessa avaliação são retratados na Tabela 13, que apresenta a média aritmética das notas dessas habilidades em cada turma.

Tabela 13 – Avaliação dos estudantes sobre o nível de desenvolvimento de habilidades através da metodologia ABP

Habilidades	Turma A	Turma B	Média
Trabalho em equipe e habilidades colaborativas	8,37	7,65	8,01
Habilidade de resolução de problemas	8,37	8,1	8,23
Autonomia	8,42	8,45	8,44
Interdisciplinaridade	8,42	8,1	8,26
Motivação	8,42	7,9	8,15

Fonte: Elaborado pela autora.

Em ambas as turmas, as avaliações foram semelhantes, sendo autonomia a habilidade considerada mais desenvolvida durante o projeto, enquanto as habilidades colaborativas e de trabalho em equipe tiveram a menor nota.

Além de avaliarem o desenvolvimento das habilidades, os alunos também deveriam atribuir notas de 1 a 10 para cada tarefa realizada (Questão 9). Na Tabela 14 são apresentadas as médias aritméticas das notas atribuídas pelos estudantes de cada turma.

Tabela 14 – Avaliação dos estudantes sobre as tarefas desenvolvidas no projeto

	Turma A	Turma B	Média
Tarefa 1	8,05	7,7	7,87
Tarefa 2	8,21	7,6	7,90
Tarefa 3	8,68	8,25	8,46
Tarefa 4	8,68	8,25	8,46

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da observação da Tabela 14, é possível identificar que as Tarefas 3 e 4 foram as que receberam as maiores notas nas duas turmas, com uma média de 8,46 pontos. Por outro lado, a tarefa com menor pontuação foi diferente em cada turma, sendo a Tarefa 1 para a 2ª série A, e a Tarefa 2 para a 2ª série B.

Acredita-se que a pontuação mais baixa para as duas primeiras tarefas se deve à necessidade de apresentação na Tarefa 1, assim como à adaptação ao sistema de avaliação das rubricas, além das dificuldades específicas nas diferentes atividades da Tarefa 2 – a mais complexa e abrangente entre as 4 tarefas desenvolvidas durante o projeto.

Por fim, na Questão 10, os alunos poderiam fazer comentários sobre a metodologia e a realização do projeto. Apesar de não ser uma pergunta obrigatória 72% dos alunos responderam, sendo a maioria das respostas favorável ao desenvolvimento do projeto e ao emprego da metodologia ativa.

“Gostei da metodologia pois o mais legal é que podemos escolher o que queremos fazer no grupo e normalmente mostramos nossas habilidades ou desenvolvemos uma nova” (Aluno 4 da Turma A).

“No mais foi um projeto bom e que deu pra aprender muito com ele, acho muito interessante mudar um pouco a forma de avaliação às vezes, pra não ficar aquele negócio chato de passar conteúdo no quadro, copiar, fazer meia dúzia de atividades e depois fazer uma prova, é bom mudar um pouco de vez em quando” (Aluno 5 da Turma A).

“Achei muito divertido fugir um pouco do padrão de sala de aula, muito melhor aprender assim” (Aluno 6 da Turma B).

“Foi um projeto bem interessante e diferente, gostei muito de fazer e aprendi várias coisas diferentes. Gostei que a gente aprendeu de uma forma diferente da usual e isso nos deixa muito mais motivados” (Aluno 4 da Turma B).

“Gostei muito desse projeto, foi dinâmico, criativo e diferente. Conseguimos aprender com todos, tanto com o próprio grupo quanto com os outros” (Aluno 7 da Turma B).

Além do questionário, para a avaliação do projeto também foram consideradas as respostas dos estudantes às perguntas abertas nos questionários de autoavaliação, descritos na seção 4.2.3.

Uma das questões pedia que os alunos respondessem quais aspectos perceberam que deveriam melhorar durante o desenvolvimento do projeto (Figura 18). Na Tabela 15 são apresentadas as habilidades citadas pelos estudantes, assim como a frequência com que estas apareceram nas respostas. Do mesmo modo, os alunos deveriam comentar quais foram as maiores dificuldades ao longo do projeto (Figura 19). Os resultados obtidos nessa questão são apresentados a seguir, na Tabela 16.

Tabela 15 – Percepção dos alunos sobre as habilidades a serem aperfeiçoadas

Habilidade	Número de respostas (frequência absoluta)	Frequência relativa
Organização das atividades e dos prazos	19	46,3%
Trabalho em equipe	11	26,8%
Comunicação	4	9,8%
Atenção às explicações	3	7,3%
Ser mais participativo	3	7,3%
Habilidades de apresentação	2	4,9%
Habilidades investigativas e pesquisa	2	4,9%
Desenvolvimento de publicações	1	2,4%
Nenhuma habilidade a ser aperfeiçoada	1	2,4%

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 16 – Percepção dos alunos sobre as dificuldades enfrentadas

Dificuldade	Número de respostas (frequência absoluta)	Frequência relativa
Trabalho em equipe	16	39,0%
Organização das atividades e dos prazos	11	26,8%
Encontrar oftalmologistas para entrevistar	7	17,1%
Comunicação	6	14,6%
Construção da maquete	3	7,3%
Atenção às explicações e às rubricas	1	2,4%
Aula prática (experimentação com lentes)	1	2,4%
Pesquisas	1	2,4%
Problemas pessoais	1	2,4%
Nenhuma dificuldade	3	7,3%

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observar-se as Tabelas 15 e 16, pode-se perceber uma semelhança entre os aspectos que os estudantes julgam necessitar de aperfeiçoamento e as dificuldades percebidas durante a realização do projeto. Ambas as tabelas apresentam habilidades cognitivas cujos desenvolvimentos estão contemplados nos fundamentos da metodologia ABP.

Em outras palavras, o projeto estimulou que os alunos utilizassem habilidades pouco promovidas no modelo tradicional de ensino, incentivando o aperfeiçoamento de competências que extrapolam os aspectos teóricos da Física, além de evidenciar a necessidade de utilização de abordagens que desenvolvam essas habilidades cognitivas.

A partir dos resultados obtidos nos questionários e das observações em sala de aula, pode-se perceber que, tanto o trabalho em equipe, quanto a organização das atividades e o cumprimento de prazos foram aspectos trabalhados durante o projeto, mas que ainda assim revelaram-se uma dificuldade devido à falta de experiência dos estudantes em dinâmicas que fogem à metodologia tradicional.

Deve-se salientar que os resultados apresentados também indicam uma consciência e reflexão crítica dos alunos em relação às suas próprias limitações e às necessidades de aprimoramento das habilidades cognitivas, essenciais na formação de um indivíduo crítico e atuante na sociedade.

Por fim, ao serem questionados sobre a apresentação do projeto para a comunidade (Figura 19), os alunos foram unânimes ao afirmar que têm orgulho em fazê-lo. Esse resultado demonstra o envolvimento e a dedicação dos estudantes no desenvolvimento do projeto, evidencia o senso de orgulho resultante da elaboração de produtos através da metodologia ativa e destaca o valor intrínseco do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de engajar os estudantes no processo de aprendizagem, através de um projeto sobre a Física envolvida no processo de visão, o presente trabalho contemplou o desenvolvimento de uma proposta didática com alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma escola da rede privada, na cidade de Canela.

O projeto, fundamentado na metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos e na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, dispôs os estudantes como principais agentes na construção do conhecimento, além de estimular o aperfeiçoamento de competências que ultrapassam o escopo das aulas de Física ao englobar diferentes recursos e transpor os limites da sala de aula.

Como primeira etapa da proposta didática, a aula sobre refração da luz e lentes, planejada sob os fundamentos epistemológicos da Aprendizagem Significativa, cumpriu o papel de alicerçar os conceitos físicos necessários para o entendimento das estruturas do olho humano e dos distúrbios visuais, uma vez que, ao utilizar e relacionar as experiências e conhecimentos prévios dos estudantes com o estudo de ótica, foram capazes de compreender efetivamente o processo de visão a partir dos fundamentos físicos.

Já na segunda etapa, que compreendeu o desenvolvimento do projeto A Física do Olho Humano – planejado com o propósito de potencializar o entendimento e o engajamento dos alunos no aprendizado de Física –, alcançou-se o objetivo principal da proposta didática.

A partir dos resultados obtidos, tanto nos questionários de avaliações dos alunos e do projeto, como nas observações realizadas e nos produtos desenvolvidos pelos grupos, foi possível notar que a aplicação de metodologias de ensino ativas, em especial a ABP, proporciona uma melhor relação dos estudantes com a Física, uma vez que os envolve em atividades significativas que extrapolam a rigidez dos métodos tradicionais e ressignificam os conteúdos de forma que relacionem-se mais intimamente com a realidade discente. Além disso, foi possível observar que o emprego de recursos tecnológicos, e a maior autonomia para utilizá-los, também fortaleceu essa conexão.

Outro aspecto contemplado na ABP e percebido durante a realização do projeto, foi a reflexão dos alunos sobre seu processo de aprendizagem. Os estudantes foram incentivados a planejar e construir os próprios produtos de aprendizado – com

o direcionamento das rubricas, que garantiram uma maior segurança no desenvolvimento do que era esperado em cada etapa – além de refletir sobre o processo através das autoavaliações, que estimularam a análise crítica dos alunos, tendo em vista que eles foram capazes de identificar as próprias dificuldades e limitações, viabilizando o aperfeiçoamento das mesmas.

De modo geral, as duas turmas participantes do projeto evidenciaram potencialidades distintas, mas, em ambos os casos, previstas na metodologia ABP. Enquanto a Turma A demonstrou mais engajamento no desenvolvimento dos produtos construídos e na divulgação dos resultados para a comunidade, a Turma B obteve um melhor desempenho no entendimento dos conteúdos estudados. Por outro lado, em ambas as turmas, foi possível perceber que a metodologia estimulou a prática de habilidades cognitivas essenciais em todo o percurso acadêmico e profissional, mas raramente contempladas no currículo escolar.

Ademais, em consonância com a ABP, a atividade de experimentação de baixo custo também auxiliou na compreensão de aspectos da ótica geométrica – que, na maioria das vezes, são trabalhados apenas na teoria – associando as lentes às ametropias mais comuns da população. Além de possibilitar um processo experimental até então custoso, a prática também permitiu o confronto entre os conteúdos estudados com questões do mundo real, favorecendo um processo de aprendizagem significativa.

Diante do exposto, entende-se que o presente trabalho tenha sido relevante no estudo de metodologias ativas para o ensino de Física, tendo em vista a escassez de pesquisas sobre a aplicação da ABP nas aulas desse componente curricular. Com os resultados obtidos através do projeto A Física do Olho Humano, evidenciou-se o potencial da metodologia para transformar a experiência educacional, ao envolver ativamente os alunos no processo de construção do conhecimento, promovendo o pensamento crítico e habilidades colaborativas e de resolução de problemas.

Por meio da aplicação do conhecimento em contextos do cotidiano dos estudantes, além de promover a curiosidade e motivá-los através de abordagens mais práticas dos princípios físicos, o projeto fundamentado na ABP auxiliou na conexão entre os conceitos teóricos e as vivências efetivas dos discentes, permitindo que percebessem a relevância e a aplicabilidade de seu aprendizado.

A despeito das diversas potencialidades evidenciadas na aplicação do projeto, a utilização da ABP exige um planejamento cuidadoso e um gerenciamento de tempo

apropriado. Por outro lado, considerando a importância da autonomia e da voz dos estudantes no desenvolvimento das atividades, é fundamental que o professor esteja preparado para adaptações no cronograma e possíveis extensões na duração do projeto.

Outra dificuldade na aplicação da metodologia são os métodos de avaliação, que devem considerar o desempenho individual e dos grupos, além de contemplar avaliações dos colegas e autoavaliações. Todos esses aspectos tornam esta etapa complexa e exigem do professor a elaboração de instrumentos avaliativos extensos e específicos para cada projeto, uma vez que se deve estabelecer critérios de avaliação que englobem tanto a aprendizagem do conteúdo quanto as habilidades cognitivas trabalhadas.

Por fim, ainda que a implementação da metodologia exija do docente o planejamento de projetos envolventes e intrinsecamente ligados à realidade discente, além de demandar um maior tempo de preparação em relação aos métodos de ensino tradicionais, a aplicação da ABP, de maneira apropriada, é capaz de promover a aprendizagem significativa da Física e o desenvolvimento de habilidades cognitivas – tornando o estudante responsável e consciente de seu aprendizado, enquanto o professor atua como guia e orientador do processo.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, Dácio Guimarães de. **Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica**. Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, 2013.
- BATISTA, Michel Corci. **A utilização da experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem**. 2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2009.
- BENDER, William N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: PENSO, 2014.
- BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física 2: Termologia, ondulatória e óptica 3ª ed.** São Paulo: Saraiva, 2016. v. 2.
- BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; FOGO, Ronaldo. **Tópicos de física 2: conecte live 3ª ed.** São Paulo: Saraiva, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional Comum Curricular**. Brasília: SEB, 2018.
- CANTO, Lívio Ribeiro. **Instrumentos ópticos**. In: BERNOULLI (Coord.). Física. [Belo Horizonte]: Bernoulli, [2016?]. v. 3, p. 63-74.
- CANTO, Lívio Ribeiro. **Lentes esféricas**. In: BERNOULLI (Coord.). Física. [Belo Horizonte]: Bernoulli, [2016?]. v. 3, p. 51-62.
- CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- D'ÁVILA, Ana Rita Lourenço Nogueira. **Utilização de materiais de baixo custo no ensino de física**. 1999. Dissertação (Especialização em Ensino de Ciências e Matemática – Área de concentração: Física) Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru – SP, 1999.
- DEWEY, John. **Como pensamos: Como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo**. São Paulo: Nacional, 1959.
- ESPÍNDOLA, Karen; MOREIRA, Marco Antonio. **A estratégia dos projetos didáticos no ensino de Física na educação de jovens e adultos (EJA)**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2006. (Série Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 17, n. 2)

FIASCA, Angelo Bruno Andrade; BELMONTE, Valéria Nunes; TAVARES, Bernardo Matos; BATISTA, Michel Corci. **A utilização de metodologias ativas no ensino de física**: uma possibilidade para o ensino de relatividade restrita na educação básica. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 2, p. 367-383, 2021.

FLICK, Uwe. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009a.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. **Pedagogia da pesquisa-ação**. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 3, p. 483-502, set./dez. 2005.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**: Pesquisa Nacional de Saúde - PNS. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pns>. Acesso em: 24 out. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GONÇALVES, Maria Helena; ARAUJO, Luis E. E. de; RODRIGUES, Varlei. **Lentes de gelatina**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2020.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física**. 2ª ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. v. 2.

HERNÁNDEZ, Fernando; VENTURA, Montserrat. **A organização do currículo por projetos de trabalho**: o conhecimento é um caleidoscópio. 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARENGA, Beatriz. **Física: volume único**. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2007.

MARKHAM, Thom; LARMER, John; RAVITZ, Jason. **Aprendizagem baseada em projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. Porto Alegre: Artmed, 2008.

MEES, Alberto Antonio; ANDRADE, Cláudia Teresinha Jraige de; Steffani, Maria Helena. **Atividades de ciências para a 8ª série do ensino fundamental**: astronomia, luz e cores. Porto Alegre: IF-UFRGS, 2005. (Série Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 16, n. 4).

MELO, Edina Souza de. **Atividades experimentais na escola**. *Revista virtual P@rtes*, 2011. Disponível em: <https://www.partes.com.br/2011/02/10/atividades-experimentais-na-escola/>.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: IF-UFRGS, 1999. (Série Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10)

MORINI, Lizandra Botton Marion; VEIT, Eliane Angela; SILVEIRA, Fernando Lang da. **Atividades experimentais de física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio.** Porto Alegre: IF-UFRGS, 2010. (Série Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 21, n. 1)

OLIVEIRA, Cacilda Lages. **A Metodologia de projetos como recurso de ensino e aprendizagem na educação básica.** 2006. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, Sebastião Luis. **Lançamento de projéteis e aprendizagem baseada em projetos como elementos estimuladores da alfabetização científica em alunos do ensino médio.** 2019. 95f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda – RJ, 2019.

O QUE Acontece Dentro Dos Seus Olhos. [S. l.: s. n.], 8 jul. 2020. 1 vídeo (8 min 40 s). Publicado pelo canal INCRÍVEL. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VI3Qyjmuo0s>. Acesso em: 21 out. 2022.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias de Aprendizagem.** 1ª ed. Porto Alegre: Evangraf, UFRGS, 2011.

PARREIRA, Júlia Esteves; DICKMAN, Adriana Gomes. **Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2020.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. **Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: uma Revisão da Literatura.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 17, n. 2, p. 551-577, 2017.

PASTORIO, Dioni Paulo; RIBEIRO, Bruna Schons; SOUZA, Leonardo Alencastro Vanin Dutra de; PIGOSSO, Letícia Tasca; FRAGOSO, Tainá Almeida. **Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no *Just-in-Time Teaching*: um estudo sobre as percepções dos estudantes.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2020.

PROJETO DE FÍSICA 2A. **Ficou curioso quanto ao projeto? Então arrasta para o lado e descubra exatamente como ele funciona!** [S. l.], 31 out. 2022. *Instagram*: @projeto fisica 2a. Disponível em: <https://www.instagram.com/projetofisica2a/> . Acesso em: 31 out. 2022.

PROJETO DE FÍSICA 2B. **Nós, do 2ºB, desenvolvemos um projeto de física junto com a professora @letnll, que abordará curiosidades e o funcionamento do olho humano, trazendo informações, estatísticas e comparações para um melhor entendimento do nosso público.** [S. l.], 31 out. 2022. *Instagram*: @projeto fisica 2a. Disponível em: https://www.instagram.com/projeto_fisica_2b/ . Acesso em: 31 out. 2022.

PUNCH, Keith F. **Introdução à pesquisa social**: abordagens quantitativas e qualitativas. 1. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2021. *E-book* (não paginado).

RIBEIRO, Bruna Schons; SOUZA, Leonardo Alencastro Vanin Dutra de; LAPA, Isadora Horn; PIRES, Fernando Shinoske Tagawa de Lemos; PASTORIO, Dioni Paulo. **Just-in-Time Teaching para o ensino de física e ciências**: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44, 2022.

RICARDO, Tobias de Assis. **Aprendizagem baseada em projetos e feira de ciências**: uma associação motivadora para o aprendizado de física moderna. 2019. 153f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora – MG, 2019.

SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Gloria; REIS, Hugo Carneiro; SPINELLI, Walter. **Conexões com a física**. 1ª. ed. São Paulo: Moderna, 2010. v. 2.

SANTOS, José Carlos dos; DICKMAN, Adriana Gomes. **Experimentos reais e virtuais**: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 1, 2019.

STUDART, Nelson. **Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas**. *Revista do Professor de Física*, v. 3, n.3, p. 1-24, 2019.

VILANCULO, Jossias Arnaldo; MUTIMUCUIO, Inocente Vasco; SILVA, Carlos Santos. **Metodologias ativas para ensino e aprendizagem da física**: caso de estudo da formulação dos conceitos de calor e temperatura. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, ano 05, Ed. 09, v. 07, 2020.

APÊNDICE A - EXERCÍCIOS PROPOSTOS NA AULA SOBRE REFRAÇÃO DA LUZ E LENTES

Figura 1 - Atividade do livro didático sobre índice de refração

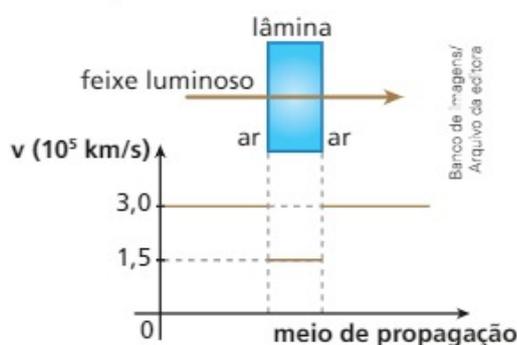
2. Os índices de refração absolutos do benzeno e do boro para a luz amarela de sódio são, respectivamente, 1,5 e 2,5. Sabendo-se que a intensidade da velocidade de propagação da luz no vácuo é $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s, determine:
- as intensidades da velocidade de propagação da luz no benzeno e no boro;
 - o índice de refração relativo do benzeno em relação ao boro.

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 502).

R: a) Benzeno: $2,0 \cdot 10^8$ m/s e Boro: $1,2 \cdot 10^8$ m/s b) 0,6

Figura 2 - Atividade do livro didático sobre índice de refração

3. Um estreito feixe cilíndrico de luz monocromática atravessa uma lâmina de vidro transparente de faces paralelas imersa no ar. A intensidade da velocidade da luz, conforme o meio em que se propaga, está indicada no gráfico abaixo, associado ao esquema da lâmina.



Pede-se determinar o índice de refração absoluto do vidro, n_v , de que a lâmina é feita.

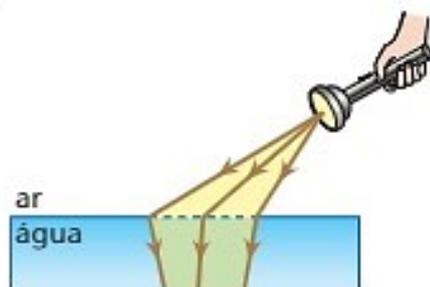
Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 502).

R: 2,0

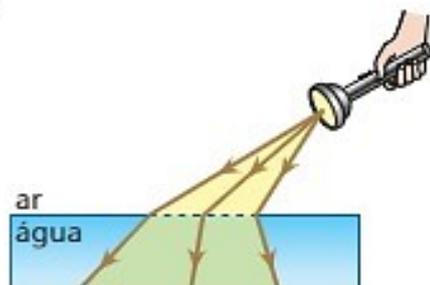
Figura 3 - Atividade do livro didático sobre refração (parte 1)

4. (Vunesp) Uma lanterna, quando acesa, emite um pincel cônico divergente de luz monocromática. Parada na beira de uma piscina, uma pessoa segura a lanterna acesa e a aponta obliquamente para as águas límpidas e transparentes de forma que a luz emitida sofra refração. A alternativa que representa corretamente as trajetórias dos raios de luz emitidos pela lanterna que se propagam pelo ar, depois, pela água, é

a)



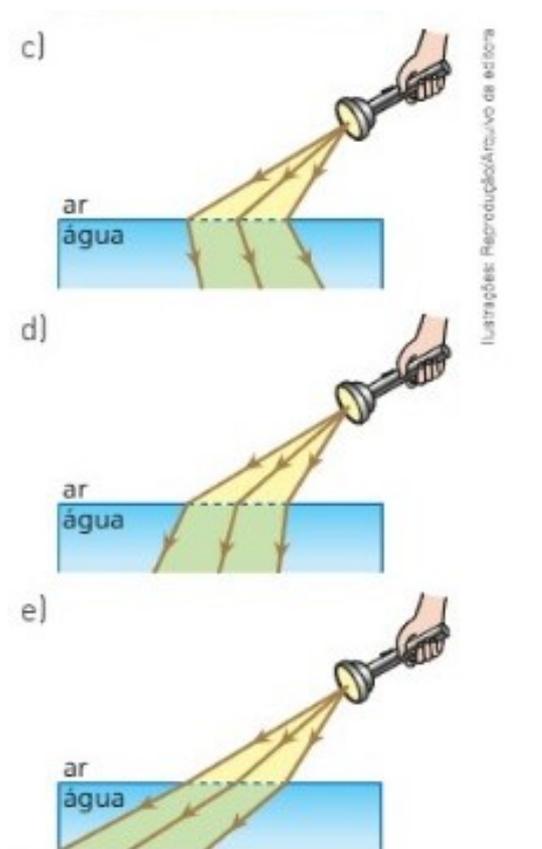
b)



Ilustrações: Reprodução/Arquivo da editora

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 502).

Figura 4 - Atividade do livro didático sobre refração (parte 2)



Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 502).

R: d

Figura 5 - Atividade do livro didático sobre Lei de Snell

6. Um estreito feixe de luz monocromática, proveniente do ar, incide na superfície de um vidro formando ângulo de 49° com a normal à superfície no ponto de incidência.

Dados:

$$n_{\text{ar}} = 1,00 \quad \sin 49^\circ = 0,75$$

$$n_{\text{vidro}} = 1,50 \quad \cos 49^\circ = 0,66$$

Nessas condições, o feixe luminoso refratado forma com a direção do feixe incidente ângulo de:

- a) 24° c) 13° e) 4°
 b) 19° d) 8°

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 503).

R: b

Figura 6 - Atividade do livro didático sobre Lei de Snell e índice de refração

7. (UFU-MG) A tabela abaixo mostra o valor aproximado dos índices absolutos de refração de alguns meios, medidos em condições normais de temperatura e pressão, para um feixe de luz incidente com comprimento de onda de 600 nm (monocromático).

Material	Índice absoluto de refração
Ar	1,0
Água	1,3
Safira	1,7
Vidro de altíssima dispersão	1,9
Diamante	2,4

O raio de luz que se propaga inicialmente no diamante incide com um ângulo $\theta_i = 30^\circ$ em um meio desconhecido, sendo o ângulo de refração $\theta_r = 45^\circ$.

O meio desconhecido é

- a) vidro de altíssima dispersão. c) água.
b) ar. d) safira.

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 503).

R: d

Figura 7 - Atividade do livro didático sobre índice de refração com aplicação

- 11.** Sistemas de telefonia e TV a cabo utilizam redes de fibras ópticas, que constituem atualmente um dos mais importantes recursos das telecomunicações. Na busca de interações cada vez mais velozes – à velocidade da luz – têm sido utilizados cabos submarinos de grande extensão interligando continentes. É o caso do *SeaMeWe 3* que tem 39 000 km de comprimento e interliga 32 países, fazendo com que uma informação vá de uma ponta à outra do cabo em cerca de 0,195 s. As fibras ópticas são feitas a partir de materiais vitrificados, muito transparentes e razoavelmente flexíveis. A região da fibra em que trafegam os infodados é denominada núcleo e este é envolvido pela casca, também de material transparente, porém com menor índice absoluto de refração.

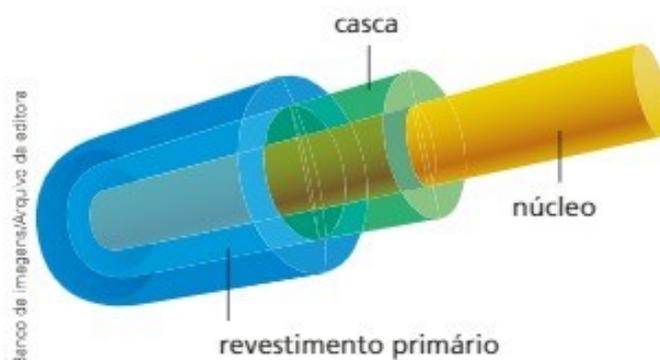


Ilustração dos principais elementos de uma fibra óptica.

Sabendo-se que a intensidade da velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s e que o índice de refração absoluto da casca do *SeaMeWe 3* é igual a 1,2, determine:

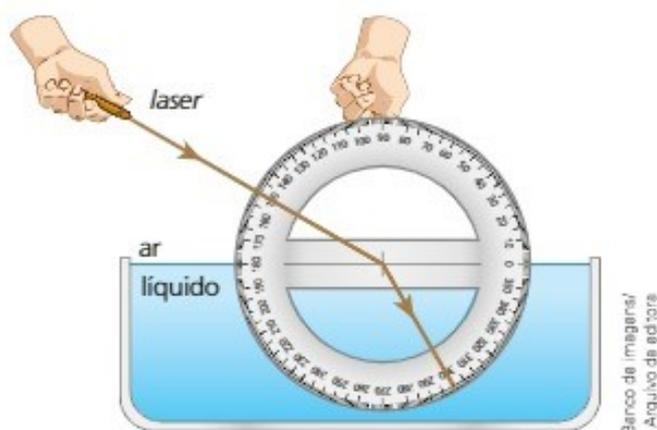
- a intensidade da velocidade da luz no interior desse cabo;
- o índice de refração relativo entre a casca e o núcleo do *SeaMeWe 3*.

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 504).

R: a) $2,0 \cdot 10^5$ km/s b) 0,8

Figura 8 - Atividade do livro didático sobre Lei de Snell e cálculo do índice de refração

14. André realizou no laboratório de seu colégio um experimento com o fim de determinar o índice de refração absoluto de um líquido transparente que apresentava um odor insinuante e desagradável. Para isso, utilizou uma "lanterninha *laser*" – que emitia um estreito feixe cilíndrico de cor vermelha – e um medidor circular de ângulos (transferidor), além de um recipiente incolor de acrílico contendo o citado líquido. Fez o feixe refratar-se do ar (índice de refração absoluto igual a 1,0) para o líquido, conforme ilustra a figura, mediu os ângulos necessários e fez os respectivos cálculos.



- a) Que valor André encontrou para o índice de refração absoluto do líquido?
- b) Qual a relação entre a intensidade da velocidade de propagação da luz no líquido e a intensidade da velocidade de propagação da luz no ar?

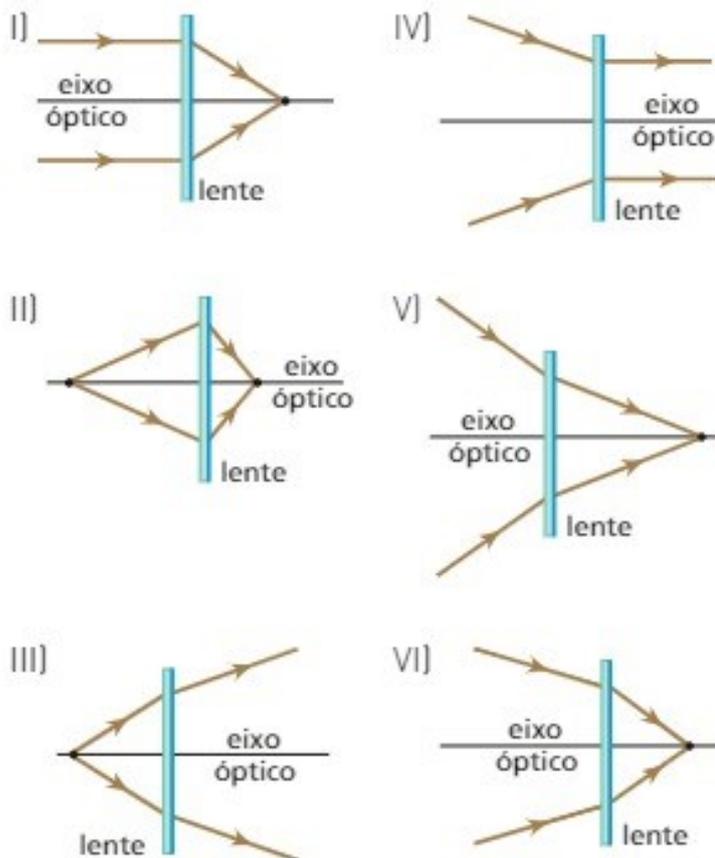
Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 505).

R: a) $\sqrt{3}$

b) $\sqrt{3}/3$

Figura 9 - Atividade do livro didático sobre lentes convergentes

1. As figuras seguintes representam a refração da luz através de seis lentes esféricas delgadas:



Banco de Imagens/Arquivo de editores

Quais lentes apresentam comportamento convergente?

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 556).

R: I, II, III e VI.

Figura 10 - Atividade do livro didático sobre lentes e o comportamento dos raios luminosos

2. Dois estreitos feixes de luz monocromática, **A** e **B**, de mesma frequência, incidem sobre um sistema óptico "escondido" atrás do tampão representado no esquema. Depois de atravessarem o sistema óptico, esses feixes seguem os caminhos ópticos identificados por **A'** e **B'**, respectivamente.



O sistema óptico é de vidro e está imerso no ar. Logo, com base nas indicações da figura, pode-se concluir que o sistema óptico "escondido" atrás do tampão só pode ser:

- Uma lâmina de faces paralelas.
- Uma lente biconvexa.
- Uma lente plano-côncava.
- Um prisma com seção principal em forma de triângulo equilátero.
- Um prisma com seção principal em forma de triângulo retângulo.

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 556).

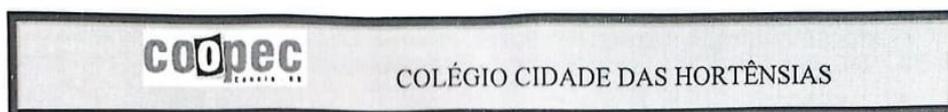
R: b

Figura 11 - Atividade do livro didático sobre tipos de lentes e cálculo da distância focal

3. Um escoteiro, contrariando a orientação do chefe que recomendava o uso de gravetos rolantes para produzir fogo no momento da confecção do almoço do pelotão, utilizou uma lente esférica de distância focal f que "concentrou os raios solares" sobre um monte de folhas secas situado a uma distância d da lente.
- a) Diga que tipo de lente o escoteiro utilizou (convergente ou divergente).
 - b) Faça, em seu caderno, um esquema representando os raios solares, a lente e o monte de folhas secas.
 - c) Determine o valor de d em função de f para que o processo tenha eficiência máxima, isto é, o fogo seja produzido no menor intervalo de tempo possível.

Fonte: Bôas, Doca e Fogo (2018, p. 556).

R: a) Convergente b) - c) $d = f$

ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM

Canela, 31 de maio de 2023.

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que Letícia Tonolli Alano desenvolveu seu trabalho de conclusão nesta instituição e todas as imagens utilizadas dos estudantes desta escola foram feitas com autorização dos responsáveis legais.

Desde já agradecemos

Atenciosamente

Evandro Nunes Milonkiczska
Coordenador Pedagógico
COOPEC - Canela RS

COLÉGIO CIDADE DAS HORTÊNSIAS
Cooperativa de Profissionais em
Educação de Canela Ltda COOPEC
Rua Rodoífo Schlieper 222 Centro
CANELA/RS CEP 95680-200
CNPJ 05 442 242/0001 59

COLÉGIO CIDADE DAS HORTÊNSIAS
COOPERATIVA DE PROFISSIONAIS EM EDUCAÇÃO DE CANELA – COOPEC
Rua Melvin Jones, 151 – Centro – Canela RS - CEP 95680 000
Fone - 54 3278 1514 - 54 3278 1204 - 54 98423 1366
E.mail - coopec@coopeccanelars.com.br - Site - www.coopeccanelars.com.br