

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

CÂMPUS JATAÍ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

CAROLINE PRADO BRIGNONI

**A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO  
DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO  
DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV**

JATAÍ, GO

2018

CAROLINE PRADO BRIGNONI

**A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO  
DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO  
DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre (a) em Educação para Ciências e para Matemática.

**Área de concentração:** Ensino de Ciências e Matemática

**Linha de Pesquisa:** Fundamentos, metodologias e recursos para a Educação para Ciências e Matemática

**Sublinha de pesquisa:** Ensino de Física

**Orientador:** Dr. Paulo Henrique de Souza

JATAÍ, GO

2018

Autorizo, para fins de estudo e pesquisa, a reprodução e divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)**

BRI/for	<p>Brignoni, Caroline Prado. A Formação de imagens no olho humano: um experimento didático-formativo na perspectiva do ensino desenvolvimental de Davydov [manuscrito] / Caroline Prado Brignoni - 2018. 190f.; il</p> <p>Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Paulo Henrique de Souza. Dissertação (Mestrado) – IFG – Campus Jataí, Programa de Pós – Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2018. Bibliografias. Apêndices.</p> <p>1. Ensino para desenvolvimento. 2. Ensino de Física. 3. Experimento didático formativo. 4. Dissertação. I. Souza, Paulo Henrique. II. IFG, Campus Jataí. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 530.7</p>
---------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.  
Bibliotecária – Wilma Joaquim Silva – Câmpus Jataí. Cod. F053/18.

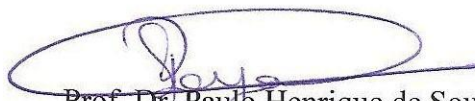
CAROLINE PRADO BRIGNONI

**A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO  
DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO  
DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV**

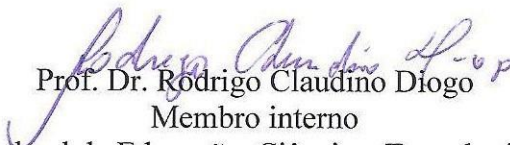
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação para Ciências e Matemática.

Esta dissertação foi defendida e aprovada, em 14 de junho de 2018 , pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza  
Presidente da banca / Orientador  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Rodrigo Claudino Diogo  
Membro interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Profa. Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar  
Membro externo  
Universidade Federal de Goiás

Dedico este trabalho a minha família, professores, alunos e colegas de trabalho que de alguma forma contribuíram para a realização de mais este sonho!

## AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos por **Deus**, ele que tem sempre restaurado a minha fé e colocado as pessoas certas em meu caminho, sem as quais eu não teria conseguido.

Aos meus Pais, **Selma** e **César**, que me criaram com tanto amor e carinho, que trabalharam incansavelmente para que eu perseguisse com meus estudos, que sempre me incentivaram a seguir em frente me dando apoio nas horas mais difíceis, a vocês todo o meu amor e gratidão.

À minha irmã, **Lorena**, que sempre esteve ali ao meu lado pronta para me ajudar e ouvir todas as minhas reclamações, obrigada pelo apoio e por ter me dado os melhores presentes de minha vida, os meus sobrinhos. Amo muito você.

Aos meus dois pequenos raios de luz, **Luiz Filipi** e **Ana Shopia**, apesar de tão pequenos e de nada entenderem o que eu estava fazendo, vocês foram muito importantes para o desenvolvimento do meu trabalho. Quando eu estava cansado e saturada de tudo, bastava um olhar, um sorriso, um abraço e tudo se acalmava, vocês foram a minha calma diante da tempestade, amo muito vocês.

Ao meu companheiro de vida, **Fábio**, por me apoiar em cada decisão, por compreender minhas ausências, por cuidar de mim, por ser tão calmo e compreensivo comigo, sem seu apoio tudo teria sido mais difícil. Obrigada por ser um esposo tão dedicado e me acompanhar em mais um dos meus projetos, obrigada por fazer do meu sonho o seu sonho também, te amo!

Às minhas amigas, **Cintia** (amiga prima), **Valdirene**, **Núbia** e **Ludmilla**, por sempre se fazerem presentes, por me darem força para continuar a caminhada, por me incentivarem e ouvirem todas as minhas angústias, pelo cada “vai dar certo” que falaram. A vocês todo o meu carinho!

A todos os meus colegas de turma, pelos momentos divididos juntos, em especial, **Thiago**, **Patrícia** e **Elismar**, pelos trabalhos realizados juntos, pelas madrugadas de estudo, pelos telefonemas trocados e desesperos compartilhados, vocês são amigos que levarei para a vida.

Aos meus professores da graduação e do mestrado, sem vocês nada seria possível, e em especial as professoras **Marta** e **Luciene**, por terem me ajudado a decidir que eu queria ser professora, por todos os conselhos que me deram, por todo o incentivo que foi essencial para que eu chegasse até aqui, obrigada por todo conhecimento compartilhado.

Ao meu professor e orientador **Paulo Henrique**, por me proporcionar enriquecimento pessoal e profissional, pelas longas horas de conversa que tanto me ajudaram a desenvolver meu trabalho, ao senhor só tenho que agradecer, por ter acreditado em mim e pela paciência que teve comigo em todo esse período.

A todos os meus colegas de serviço, diretora, coordenadores e professores por terem me apoiado, cedido espaço para que eu realizasse a minha pesquisa. Muito obrigada!

À **FAPEG** - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás- pelo incentivo financeiro.

E em especial aos professores da banca de qualificação e defesa, **Dra. Adda Daniella** e **Dr. Rodrigo Claudino**, por terem aceitado colaborar com meu trabalho, pelos caminhos iluminados durante a qualificação e por todos os apontamentos que resultaram nessa dissertação, muito obrigada pelas valiosas contribuições.

A todos o meu carinho e gratidão!

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota. (Madre Teresa de Calcuta).



## RESUMO

Frente às dificuldades enfrentadas pelo ensino de Física e as orientações presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio que visam tornar o aluno sujeito ativo no processo de aprendizagem e o ensino de Física mais significativo, desenvolveu-se um experimento didático formativo, baseado na teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, com alunos da segunda série do ensino médio, em um colégio estadual localizado na cidade de Jataí - Goiás. O objetivo foi verificar as contribuições de um experimento didático formativo para o ensino do conceito de formação de imagem no olho humano. Para isso realizou-se um estudo lógico-histórico sobre luz e formação de imagem para levantar os conceitos nucleares do conteúdo, em seguida analisou-se as atividades elaboradas com base na teoria do ensino desenvolvimental pontuando suas contribuições para o ensino-aprendizagem dos conceitos referentes à formação de imagem no olho humano. Os dados foram obtidos por meio de observação da professora, que também é a pesquisadora, gravação de áudio e vídeo, diário de campo e as atividades realizadas com os alunos. Na análise de dados buscou-se identificar as ações mentais que foram desenvolvidas e indícios da formação do pensamento teórico nos estudantes. O experimento foi desenvolvido em onze aulas de quarenta e cinco minutos, e conta com seis atividades de ensino que usam textos, vídeos e atividades experimentais elaboradas com o objetivo de despertar os motivos dos alunos para aprenderem os conceitos e desenvolverem o pensamento teórico, essas atividades foram organizadas em um produto educacional, dispostas no apêndice K. Os dados obtidos indicam melhorias quanto ao interesse dos alunos em aprender os conteúdos, apesar de apresentarem dificuldades com a metodologia de trabalho no início da proposta, os alunos foram adquirindo uma postura mais ativa durante o desenvolvimento do experimento. Também há indícios da formação do pensamento teórico, quando os alunos conseguem aplicar os conceitos estudados em situações particulares, entretanto, cabe ressaltar que não foram todos os alunos que apresentaram esses indícios. O estudo também apontou alguns desafios, tais como a mudança de postura do professor, em razão da necessária mudança da conduta tradicional e de o professor precisar assumir o papel de orientador do processo de ensino e aprendizagem. Essas mudanças, por si, apontam uma necessária renovação teórica metodológica nos cursos de formação de professores.

**Palavras-chave:** Ensino para o desenvolvimento. Ensino de Física. Experimento didático formativo.

## ABSTRACT

Faced with the difficulties faced by the teaching of Physics, and the orientations present in the National Curricular Parameters of High School that aim to make the student subject active in the process of learning and the teaching of Physics more significant, a didactic experiment was developed based on theory of Davydov 's developmental teaching, with second year high school students, at a state college located in the city of Jataí - Goiás. The objective was to verify the contributions of a formative didactic experiment to teach the concept of image formation in the human eye. For this, a logical-historical study was carried out on light and image formation to raise the core concepts of content, then analyzed the activities elaborated with basis on the theory of developmental teaching punctuating their contributions to the teaching and learning of concepts related image formation in the human eye. The data were obtained through observation of the teacher, who is also the researcher, audio and video recording, field diary and the activities performed with the students. In the data analysis, it was sought to identify the mental actions that were developed and indications of the formation of the theoretical thinking in the students. The experiment was developed in eleven classes of forty-five-minute and has six teaching activities using texts, videos and experimental activities designed to awaken students' motives to learn the concepts and develop theoretical thinking, these activities were organized into an educational product, set out in Appendix I. The data obtained indicate improvements in the students' interest in learning the contents, although they presented difficulties with the work methodology at the beginning of the proposal, the students were acquiring a more active posture during the development of the experiment. There are also indications of the formation of theoretical thinking, when students can apply the concepts studied in particular situations, it should be emphasized that not all the students who presented these signs. The study also pointed out some challenges, the change of the teacher's position, being necessary that the teacher left the traditional conduct and assume the role of guiding the process of teaching and learning, this points to a necessary theoretical methodological renewal in teacher training courses.

**Keywords:** Developmental teaching. Teaching Physics. Formative didactic experiment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Resumo das atividades desenvolvidas	45
Figura 1- materiais utilizados na atividade Luz e sombras.	48
Figura 2 - Câmara escura de orifício confeccionada pela professora pesquisadora	49
Figura 3- Conjunto de lentes e lasers	50
Figura 4- Imagem de olho humano e laser utilizado na atividade Olho humano.	51
Figura 5- Representação dos eclipses feita pelos alunos 01, 07, 12 e 18.	56
Figura 6- Sala preparada para a realização da atividade de ensino “Sala do nada”	61
Gráfico 1- Objetos que poderiam ser visualizados no escuro, segundo a concepção dos alunos	62
Figura 7 - primeira montagem do experimento luz e sombras	67
Gráfico 2- Previsão do que aconteceria no anteparo caso duas lâmpadas fossem acessas	68
Figura 8- Atividade de luz e sombras com duas lâmpadas	70
Figura 9- Disposições dos cartões na 3º etapa da atividade	71
Figura 10- Cartões com orifício desalinhados	73
Figura 11- Representação da propagação retilínea da luz do grupo 04	82
Figura 12- Representação dos grupos 5, 1 e 4 para propagação da luz na câmara escura	83
Figura 13- Ilustração do Grupo 1 para explicar os eclipses	91
Figura 14- Representação do eclipse solar	93
Figura 15 - Materiais utilizados na atividade de ensino 5	97
Figura 16 - Nomenclatura utilizada para cada uma das lentes	97
Figura 17 - Experimento com as lentes	99
Figura 18- Imagem formada na câmara escura de orifício com lente	103
Figura 19- Imagem do olho humano projetada para os alunos	106
Figura 20- Resposta da questão um dos grupos 1, 2, 4 e 5	107
Figura 21 - Resposta da questão dois dos grupos 1, 2, 5 e 6	109
Figura 22 - Resposta da questão seis do grupo 5	112
Figura 23 - Resposta da questão seis do grupo 6	113
Figura 24 – Brincadeira faça o que eu falo, mas, não faça o que eu faço	114

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1 O ENSINO DE FÍSICA E A FORMAÇÃO DE CONCEITOS NO ENSINO DESENVOLVIMENTAL</b> .....	18
<b>1.1 O ensino de Física no Brasil</b> .....	18
<b>1.2 Formação de conceitos no ensino desenvolvimental</b> .....	21
<b>1.3 Estudo lógico-histórico sobre formação de imagem no olho humano</b> .....	29
<b>2 CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA</b> .....	34
<b>2.1 Experimento didático formativo</b> .....	34
<b>2.2 Instrumentos de coleta de dados</b> .....	38
<b>2.3 Caracterizações da escola, da professora e dos estudantes participantes da pesquisa</b> .....	40
<b>2.4 Elaboração e apresentação das atividades de ensino</b> .....	41
<b>2.4.1 Apresentação da unidade didática 1</b> .....	46
<b>2.4.2 Apresentação da unidade didática 2</b> .....	49
<b>2.4.3 Apresentação da unidade didática 3</b> .....	50
<b>2.4.4 Apresentação da unidade didática 4</b> .....	51
<b>3 O EXPERIMENTO DIDÁTICO FORMATIVO: UMA ANÁLISE DOS FATOS</b> .....	53
<b>3.1 A tarefa diagnóstica e o conhecimento prévio dos alunos</b> .....	53
<b>3.2 Análise da primeira unidade didática</b> .....	57
<b>3.3 Análise da segunda unidade didática</b> .....	77
<b>3.4 Análise da terceira unidade didática</b> .....	96
<b>3.5 Análise da quarta unidade didática</b> .....	105
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	120
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	126
<b>APÊNDICES</b> .....	131

## INTRODUÇÃO

Autores como Rosa e Rosa (2012) apontam que, apesar das crescentes pesquisas em ensino de Física, poucos resultados têm aparecido nos estudos sobre as práticas pedagógicas dos professores. Clement e Terrazan (2012) afirmam que os conhecimentos de ciência têm se tornado cada vez mais importantes para entender os fenômenos naturais que nos cercam e os artefatos tecnológicos que estão em nossa volta, permitindo uma melhor qualidade de vida e uma participação social mais ativa. Eles ainda destacam que, apesar desse reconhecimento sobre a importância do ensino de Ciências e do campo das Ciências da Natureza, o ensino de Física ainda se caracteriza pela resolução de exercícios repetitivos privilegiando o uso de equações matemáticas em detrimento da compreensão dos conceitos e teorias envolvidos no fenômeno estudado. Desta forma, é necessário que o papel do aluno e a forma de ensinar Física sejam repensados.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, reafirmam o que foi apresentado no parágrafo anterior, o ensino de Física tem se apresentado de forma desarticulada, oferecendo aos alunos conceitos, leis e fórmulas que se distanciam da realidade vivida pelos discentes, o que tem levado a significados vazios de reflexão teórica (BRASIL, 2000). A questão do ensino de Física não se pauta na seleção de novas listas de conteúdos, mas sim em promover um conhecimento contextualizado, que preze a aprendizagem e que assegure a autonomia de aprender do educando. O ensino não pode ser pautado em situações isoladas que exijam apenas a memorização, ele precisa estimular a criticidade do aluno e prepará-lo para buscar novos conhecimentos de forma independente, nessa perspectiva os PCNEM orientam:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. (BRASIL, 2000, p. 22).

Entretanto, apesar das orientações do PCNEM, o ensino de Física tem se apresentado de forma abstrata e voltado para o ensino tradicional e vários pesquisadores confirmam isso, como: Clement e Terrazan (2012), Borges (2016), Rosa e Rosa (2012), Sales, Oliveira e Pontes (2010) e o próprio PCNEM (BRASIL, 2000). Nestes trabalhos, os autores argumentam

que é necessário mudar a forma de ensinar Física e de considerar o aluno nesse processo, o aluno dever ser ativo no processo de aprendizagem.

Segundo Coêlho (2012), o sentido da escola em geral é formar cidadãos que cultivem a interrogação e a crítica e não preparar recursos humanos para o estado e para as empresas. Para o autor “[...] cabe à escola ensinar as crianças, jovens e adultos a pensarem e a criarem uma sociedade diferente, fundada na permanente busca da igualdade, autonomia, liberdade e justiça” (COÊLHO, 2012, p. 66). Se abordarmos a Ciência como uma verdade absoluta e de forma desarticulada da sociedade, ao aluno bastará crer no que foi dito, tornando-se um elemento passivo na sua formação escolar.

Na busca por uma proposta de ensino-aprendizagem que faça dos alunos sujeitos mais ativos no processo de aprendizagem, é que atividades baseadas na teoria do Ensino Desenvolvimental foram elaboradas. A proposta do psicólogo russo Vasily Vasilyevich Davydov é um desdobramento pedagógico da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky e tem como objetivo a formação do pensamento abstrato, por meio da formação de conceitos, caracterizado pela atividade de aprendizagem. Segundo Freitas (2012), o Ensino Desenvolvimental possibilita ao aluno ir além da resolução de problemas, pois a apropriação do conceito permite o desenvolvimento de procedimentos mentais superiores que podem ser usados para resolver outros tipos de problemas de mesma natureza. Nessa perspectiva, o ensino não é uma atividade de memorização e replicação, mas sim de compreensão e transformação.

A teoria do Ensino Desenvolvimental, segundo Libâneo e Freitas (2006), destaca-se entre outras razões, pela consideração dos motivos dos alunos, ou seja, é necessário analisar a necessidade que aquele aluno tem de estudar determinado assunto para assim reverter o quadro de desinteresse. As tarefas são elaboradas de modo a compreender um conceito chave, que deve satisfazer as inquietações dos alunos; o que é ensinado deve ter significado, é preciso que o aluno queira aprender determinado conceito. Libâneo e Freitas (2006) destacam que essa associação entre o assunto a ser aprendido e a motivação do aluno é o ponto fundamental do Ensino Desenvolvimental, já que cada vez mais, segundo Chassot (2003), tem se perdido o sentido de ensinar Ciências na escola contemporânea, o que tem acarretado desinteresse nessas disciplinas por parte dos alunos.

Com base na teoria do Ensino Desenvolvimental, pretende-se responder à seguinte questão: como uma sequência de atividades baseada na teoria do ensino desenvolvimental pode contribuir para a formação dos conceitos sobre a propagação da luz e a formação de imagem no olho humano em uma turma de segunda série do ensino médio na disciplina de

Física? Para responder esse questionamento foi definido que o objetivo da pesquisa é compreender e avaliar as contribuições de um experimento didático formativo para o ensino do conceito de formação de imagem no olho humano.

Iniciou-se esse trabalho com um levantamento de teses e dissertações que abordassem a teoria do ensino desenvolvimental no ensino de Física. Durante as buscas que finalizaram em dezembro de 2016, foram encontrados três trabalhos na área, a tese de Borges (2016) e as dissertações de Marengão (2011) e Machado (2016). Na área de matemática o número de teses e dissertações catalogadas foi maior, onze trabalhos, ressaltando que aparecem trabalhos em outras áreas como: pedagogia, educação física, artes visuais, geografia, entre outras.

As preocupações apontadas por Borges (2016) são as mesmas apresentadas nesse trabalho e, segundo o autor, os alunos têm alcançado pouca aprendizagem nas aulas de Física e apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos, isso o levou a desenvolver um experimento didático baseado no ensino desenvolvimental sobre Leis de Newton. O objetivo era buscar indícios da mudança na forma de aprendizagem e do desenvolvimento do pensamento dos alunos. Borges (2016) pontua que apesar de não unânime, seu experimento demonstrou que os alunos passaram a ter motivos para aprender o conteúdo e pensar teoricamente, ele também aponta uma elevação do diálogo e da interação da turma com o desenvolvimento do experimento e indica a necessária mudança teórica na formação de professores no Brasil.

Marengão (2011) também é motivado a desenvolver seu trabalho pela falta de interesse dos alunos e pelo baixo desempenho na disciplina de Física. O autor desenvolveu um experimento didático formativo cujo objetivo era ensinar conteúdos relacionados à mecânica. O trabalho foi aplicado em três meses e os resultados obtidos apontaram uma melhoria no interesse dos alunos pela disciplina e também uma necessária renovação na formação teórica metodológica do professor.

Já o trabalho desenvolvido por Machado (2016) teve por finalidade desenvolver uma unidade didática sobre radiação do corpo negro. A motivação para o desenvolvimento do trabalho foi formar cidadãos críticos e capazes de interpretar o mundo em que vivem e promover situações de ensino que vão além da memorização. O trabalho também apontou mudanças na postura dos alunos e reiterou o que os outros dois trabalhos já haviam concluído, é necessário investir na formação de professores para que ocorra uma mudança substancial no ensino de Física no país.

Os três trabalhos na área de Física apontam a falta de interesse e a dificuldade pela disciplina, e apostam na proposta de usar a aprendizagem por meio de conceitos (Teoria do

Ensino Desenvolvimental) como uma tentativa de mudar o olhar dos alunos, mostrar que a Física pode estar ao alcance de nosso conhecimento e que o conteúdo transcende a aplicação de fórmulas, que o que está posto ali são explicações para fenômenos naturais que acontecem no nosso dia a dia.

Assim como apontado nos trabalhos estudados, a falta de interesses dos alunos pela disciplina de Física também é uma inquietação pessoal. Ao ministrar aulas de Física para alunos da 1º série do Ensino Médio. Vale ressaltar que esses alunos estavam tendo o primeiro contato com a disciplina de Física nesse momento pois, no ensino fundamental era ministrada somente a disciplina de Ciências. Esses alunos, no momento da apresentação da disciplina, apresentavam opiniões negativas sobre a matéria, com comentários do tipo, “eu nunca vou entender Física”, “essa matéria é para *nerds*<sup>1</sup>”, “Deus me livre! Física ninguém merece”. Quando indagados sobre os comentários, diziam que colegas que já haviam cursado a disciplina a desprezaram negativamente. Com bases nesses comentários e em revisões bibliográficas que tratam do desinteresse dos alunos pela Física, surgiu o interesse de estudar metodologias de ensino que pudessem influenciar de forma positiva a visão que os alunos têm sobre a disciplina.

É preciso que os alunos vejam sentido no que é estudado, que o desenvolvimento científico seja apresentado de forma significativa e que desenvolva a criticidade do aluno, tornando-o capaz de compreender o mundo que o cerca e de opinar em questões que envolvem ciência e tecnologia.

Fonseca (2007) ressalta que o contrato social entre desenvolvimento científico e natureza foi quebrado, que a visão positivista de Ciência como um bem social está fragilizada, que a exploração dos recursos naturais e a associação entre desenvolvimento científico e tecnológico com a devastação da natureza fez surgir a necessidade de preparar os alunos para pensar criticamente a relação entre Ciência e sociedade. Dessa forma, um ensino instrucional, pautado na resolução de problemas matemáticos e aplicações de conceitos restritos à sala de aula não dão conta da criticidade, que é necessária na formação dos futuros cidadãos.

É consenso no meio educacional que novas formas de pensar a educação são necessárias. Miranda (2010) destaca o déficit de aprendizagem nas escolas brasileiras. Segundo o autor, a falta de instalações adequadas, a pobreza de recursos didáticos, baixos salários dos professores, a falta de uma prática pedagógica adequada, entre outros problemas, influencia diretamente na qualidade educacional brasileira. Ainda pondera que a maior parte

---

<sup>1</sup> Expressão usada para se referir a alunos que estudam muito e possuem facilidade de aprendizagem.



dos alunos brasileiros não atinge o desempenho mínimo requerido para o seu nível de escolarização.

Davydov (1988) destaca que “[...] a essência do conceito filosófico-psicológico materialista dialético da atividade está em que ele reflete a relação entre o sujeito humano como ser social e a realidade externa – uma relação mediatizada pelo processo de transformação e modificação desta realidade externa” (DAVYDOV, 1988, p. 13). As premissas do Ensino Desenvolvimental se pautam em atividades que considerem os motivos dos alunos e com isso ela permite ao aluno ir mais longe, ele pode ampliar sua visão e exercitar a capacidade de refletir sobre as situações e procurar soluções para os mais variados problemas. A relação entre sujeito e o meio externo é evidenciada, já que o aluno é visto como protagonista em seu desenvolvimento e a ele são oferecidos conhecimentos que, além de estimular o desenvolvimento de ações mentais, incentiva o olhar crítico.

Frente aos problemas de aprendizagem dos alunos na disciplina de Física essa pesquisa coloca-se em busca de bases teórico-pedagógicas que possibilitem uma maior participação dos alunos no processo de aprendizagem, que mostrem alternativas às práticas tradicionais de ensino. Nessa perspectiva, elaborou-se e analisou-se um experimento didático formativo baseado na teoria do Ensino Desenvolvimental, cujo objetivo era compreender as contribuições dessa teoria para a formação dos conceitos de luz e imagem.

A dissertação aqui apresentada está dividida em três capítulos, além da introdução e considerações finais. O Capítulo 1 pontua os principais desafios para o ensino de Física no Brasil e faz uma abordagem sobre a formação de conceitos no ensino desenvolvimental, nesse capítulo são definidos os principais aspectos da teoria que serão utilizados na posterior análise de dados, também é apresentado o estudo lógico-histórico sobre formação da imagem no olho humano, o qual possibilitou definir o núcleo conceitual a ser trabalhado no experimento didático formativo.

No capítulo 2 é feita a contextualização da pesquisa, nele são apresentados o experimento didático-formativo como teoria de ensino-aprendizagem, os instrumentos de coleta de dados, a caracterização da escola, dos alunos e da professora participantes da pesquisa. Nesse capítulo, ainda consta a descrição da elaboração de cada unidade didática bem como as atividades de ensino que foram trabalhadas. Ao último capítulo da dissertação compete à apresentação e análise das unidades didáticas, nele estão dispostos os estudos realizados sobre cada atividade de ensino desenvolvida.

Também faz parte do corpo dessa dissertação o produto educacional (Apêndice K), o produto educacional é uma exigência dos mestrados profissionais e é produzido a partir da

pesquisa de mestrado, na maior parte das vezes é uma proposta de ensino que se concretiza em um instrumento didático. Por meio dessa dissertação, foi elaborado um experimento didático formativo que aborda o conceito de formação de imagem no olho humano.

O produto dessa dissertação reúne seis atividades de ensino que tem por objetivo auxiliar o processo de ensino-aprendizagem voltado para a formação dos conceitos de propagação da luz e formação de imagem no olho humano. Nele são apresentados os textos, vídeos e experimentos trabalhados durante o experimento didático formativo, assim como um breve referencial teórico sobre o ensino desenvolvimental. O produto também traz sugestões de links, que podem ser acessados por professores e profissionais da educação para aprenderem mais sobre a teoria de ensino-aprendizagem utilizada. Espera-se que o produto desenvolvido possa servir de inspiração para outros educadores, não como uma estrutura fechada “engessada” de fazer pedagógico, mas como uma proposta de pensar teoricamente o fazer docente, contribuindo para o trabalho pedagógico e para aprendizagem dos conceitos mencionados anteriormente.

## **1 O ENSINO DE FÍSICA E A FORMAÇÃO DE CONCEITOS NO ENSINO DESENVOLVIMENTAL**

Esse capítulo tem por objetivo traçar um panorama sobre o atual ensino de Física no Brasil, apontando os principais desafios encontrados por pesquisadores da área. Em seguida, são apresentadas noções básicas sobre a teoria do ensino desenvolvimental pontuando os aspectos relevantes que levam a um ensino voltado para o desenvolvimento integral do aluno. Também é apresentado o estudo lógico-histórico sobre formação da imagem no olho humano, esse estudo é essencial, pois, segundo Davydov (1988), possibilita determinar o núcleo conceitual do conteúdo e auxilia os alunos na formação de ações mentais.

### **1.1 O ensino de Física no Brasil**

O ensino de Física no Brasil, segundo Moreira (2000), é marcado por tendências internacionais, uma delas é o ensino por meio de projetos, que foi desenvolvido por um grupo de Físicos norte-americanos com apoio do *Massachusetts Institute of Technology*. Preocupados com o ensino de Física, em 1956 desenvolveram um projeto curricular com materiais instrucionais inovadores com enfoque em procedimentos físicos e estrutura física. De acordo com Moreira (2000) esses projetos influenciaram o ensino de Física de modo internacional, porém os projetos eram muito claros em como ensinar, mas nada diziam sobre como aprender Física, o “Ensino e aprendizagem são interdependentes por melhor que sejam os materiais instrucionais do ponto de vista de quem os elabora a aprendizagem não é uma consequência natural.” (MOREIRA, 2000, p.95).

Movidos pela preocupação sobre a aprendizagem dos alunos, Nardi e Gatti (2004) afirmam que a pesquisa em ensino de Física se intensificou nas décadas de setenta e oitenta, com ênfase nas investigações sobre concepções espontâneas. Moreira (2000) aponta que a partir de então novos materiais e novos livros de Física foram escritos, porém isso pouco influenciou na forma de aprender dos alunos. Segundo o autor o ensino de Física passou a ser demarcado pelo livro didático, que passou a ser o único material adotado pelas escolas, determinando o nível de ensino, a ementa e até mesmo a sequência das aulas, o autor ainda critica a qualidade dos livros que a escola tem adotado.

[...] referindo apenas à realidade brasileira muito do ensino de Física em nossas escolas secundárias está atualmente outra vez referenciado por livros porém de má qualidade com muitas cores figuras e fórmulas e distorcido

pelos programas de vestibular ensina-se o que cai no vestibular e adota-se o livro com menos texto para ler. (MOREIRA, 2000, p. 95).

Em um estado da arte sobre a produção acadêmica no ensino de Física, Rezende, Ostermann e Ferraz (2009) detectaram que a maior parte dos trabalhos da área se volta para o desenvolvimento de experimentos para laboratório didático.

Pode-se interpretar esta tendência como a expressão de uma visão instrumentalista da pesquisa em ensino e muitas vezes tecnicista do processo educativo, que visa basicamente ao fornecimento de subsídios ao professor para melhorar o desempenho do aluno. (REZENDE; OSTERMANN; FERRAZ, 2009, p. 5).

Segundo as autoras o desenvolvimento de recursos para as aulas são importantes, porém é necessário investir também em pesquisas teóricas que permitam uma reflexão mais aprofundada do processo educativo. Elas salientam que a maior parte das pesquisas em ensino de Física se limita em descrever experimentos, muitas vezes não abordam a relação com o ensino-aprendizagem dando um enfoque excessivo ao conteúdo de Física.

Apesar dos crescentes estudos sobre ensino de Física, Pena (2004) ressalta que poucos resultados têm chegado à sala de aula, a prática concreta dos professores está marcada pela perspectiva tradicional. Moreira (2000) destaca que na maior parte das vezes a Física de sala de aula é voltada para a realização de provas, o que leva o aluno ao insucesso e desinteresse.

O ensino de Física de uma forma geral está descontextualizado, apresenta aos alunos conhecimentos vazios de significado e isso tem levado a uma falta de interesse pela escola e um ensino de baixa qualidade, Brasil (2000). Em 2015 o desempenho dos estudantes brasileiros no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa, na sigla em inglês) coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), chamou a atenção. Entre os 70 países que realizaram a avaliação, o Brasil ficou na 63ª posição em Ciências (BRASIL, 2016), o que sugere que o ensino de Ciências no país encontra-se em situação precária. Vários fatores podem influenciar esse resultado, que vão desde a estrutura física da escola a questões no processo de ensino aprendizagem.

No que se refere ao baixo desempenho na disciplina de Física, um dos problemas apontados é a falta de motivação, segundo Rahal (2009), à forma como o conhecimento é “passado” para os alunos, caracteriza-se pela transmissão de conteúdo, o qual é aprendido por processo mecânico. Com isso,

O conhecimento promovido pelas aulas tradicionais de Física, por estabelecer poucas relações com o mundo real e vincular-se quase que exclusivamente com o mundo escolar, é em geral visto como desnecessário. Um conhecimento cuja função limita-se à sala de aula, em particular para a realização de provas, é serio candidato a ser descartado (PIETROCOLA, 2001, p.18).

De fato os alunos têm uma concepção de que a Física é uma disciplina complicada e sem muita aplicação no “mundo real”. Essa visão nada contribui para que o aluno se motive a aprender.

Os estudos sobre o ensino de ciências mostram que o elevado insucesso escolar, assim como a falta de interesse dos alunos, tem levado a uma aversão pelas matérias científicas, em especial a Física, que, na maioria dos casos, não é compreendida pelos alunos (GIL-PEREZ; VILCHES, 2011).

A forma de conceber a escola e seu papel social precisa mudar. Chassot (2003) afirma que a globalização confere novo papel à escola, pois não basta transmitir informação é preciso ensinar o aluno a refletir a exercitar o pensamento crítico. O autor ressalta que são necessárias novas formas de pensar a eficiência escolar. Antes, uma boa escola era medida pela quantidade de conteúdo que conseguia ministrar durante o ano, ou seja, pelo número de páginas trabalhadas; agora, essa lógica não faz mais sentido, é necessário pensar além do enciclopedismo, é preciso haver uma finalidade social na escolarização. Segundo Chassot (2003) o ensino de Ciências deve ter a finalidade de tornar os alunos mais conscientes da importância e das consequências do desenvolvimento científico.

O ensino de ciências em qualquer nível [...] contribuir para a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto às limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento. (CHASSOT, 2003, p. 99).

Borges (2016) ressalta que o ensino de Física tem se caracterizado pelo uso de equações cuja finalidades não são claras, isso faz com que os alunos não se simpatizem com a disciplina. Outro ponto importante ressaltado pelo autor está na dificuldade da compreensão da linguagem adotada pelo professor, esses fatores corroboram para o insucesso do aluno e para os baixos rendimentos na disciplina.

Outro indicador de baixo rendimento na disciplina de Física está relacionado ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Gonçalves Júnior e Barroso (2014) fizeram uma análise das questões de Física dos anos de 2009, 2010 e 2011 e do desempenho dos alunos no

exame. Os autores constataram que o número de acertos dos alunos é baixo nas questões de Física e especificamente naquelas que envolvem conhecimentos matemáticos, também debatem sobre a forma que as questões do ENEM são apresentadas, dizendo que os textos das questões são extensos para o tempo disponível para realizar cada questão.

O ENEM não pode ser o único fator determinante para avaliar o ensino no país, porém analisando as pesquisas em ensino de Física, os documentos oficiais e os resultados das provas, é possível afirmar que o ensino de Física precisa passar por reformulações. Os PCNEM orientam que o objetivo do ensino de Física deve ser promover uma visão de mundo que permita compreender o universo e o nosso entorno:

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

O documento também orienta que o ensino da disciplina deve promover um conhecimento contextualizado, que explique fenômenos que estão presentes na vida dos alunos. É necessário que o ensino de Física possibilite ao aluno relacionar os conceitos que estuda na escola como os problemas enfrentados no mundo, como: os gastos na conta de luz, o consumo diário de combustível, a busca por produção de energia sustentável, entre outros. É preciso que o conhecimento faça sentido para o aluno, que ela veja necessidade de aprender o que está sendo ensinado.

A teoria do ensino desenvolvimental busca despertar os desejos dos alunos para aprender o conceito, isso pode contribuir para que o ensino de Física tenha mais significado para os estudantes, pois as fórmulas e os cálculos matemáticos, que em geral são um fator de incompreensão da disciplina, são elementos importantes do conteúdo que estão relacionadas a um conceito, possibilitando uma interpretação completa do fenômeno.

## **1.2 A formação de conceitos no ensino desenvolvimental**

É comum encontrar nas escolas professores que fazem uso da pedagogia tradicional. Segundo Libâneo e Freitas (2006), essa visão ainda é predominante. Os autores destacam que embora as bases da teoria histórico-cultural tenham chegado à escola, a visão que se tem é pouco aprofundada e não causou mudanças significativas nas práticas pedagógicas dos

professores. Segundo os autores é preciso adotar uma pedagogia mais atualizada, que considere

[...] o papel ativo dos sujeitos na aprendizagem escolar, a construção de conceitos a partir das representações dos alunos, a relação entre o conhecimento e a realidade, a formação de valores por meio do currículo, a criação de situações de interação e cooperação entre os alunos. (LIBÂNEO; FREITAS, 2006, p. 7).

Nessa perspectiva é que Davydov tem sido citado, reconhecido pela formulação da teoria do ensino desenvolvimental que é um desdobramento e aplicação pedagógica da psicologia histórico-cultural, corrente psicológica que explica o desenvolvimento da mente humana com base nos princípios do materialismo dialético, cujo idealizador é L. S. Vygostky.

Vasily Vasilyevich Davydov nasceu em 1930 em Moscou e morreu em 1998. Segundo Libâneo e Freitas (2015), filho de pai metalúrgico e mãe trabalhadora têxtil, Davydov estudou psicologia e filosofia na Faculdade de filosofia da Universidade Estadual de Moscou, formando-se em 1953, na qual iniciou sua carreira como pesquisador.

Concluiu pós-graduação em Filosofia em 1958 e doutorado em Psicologia em 1970, Davydov teve como professores Leontiev, Luria, Rubinstein, Galperin, Zaporozhets, Solokv, Talizina, Elkonin entre outros (LIBÂNEO; FREITAS, 2015). Apesar de sua teoria ser influenciada pelas produções de seus professores com destaque para Galperin, Elkonin e Leontiev, Davydov buscou suas próprias formulações.

[...] sem se afastar das formulações básicas da teoria da atividade de Leontiev, acabou seguindo um caminho teórico próprio, privilegiando o processo de generalização e os conceitos teóricos como base para a formação do pensamento teórico-científico. (LIBÂNEO, FREITAS, 2015, p.330).

A teoria do ensino desenvolvimental “[...] oferece uma base teórico-metodológica que reúne princípios em função de objetivos pedagógicos e didáticos de formação do pensamento teórico-científico dos alunos” (LIBÂNEO; FREITAS, 2015, p. 328). Davydov defende que, quando os alunos adquirem conceitos científicos eles desenvolvem seu pensamento, e uma das principais formas de propiciar esse desenvolvimento é por meio do ensino escolar.

O ensino escolar não contribui apenas para a formação do conhecimento teórico, mas também no desenvolvimento da personalidade e na autonomia dos alunos. “O êxito do ensino é a promoção do desenvolvimento da atividade mental dos alunos, contribuindo para desenvolver suas personalidades como sujeitos ativos”. (FREITAS, 2011, p. 12). O ensino

para o desenvolvimento visa à formação de novas estruturas de pensamento, o foco da aprendizagem está na formação de conceitos. Para que o aluno forme esses conceitos é necessário que ele se aproprie do caminho investigativo realizado pelos cientistas no desenvolvimento daquele conteúdo. Dessa forma, além de se apropriar do conhecimento conceitual o aluno também adquire funções cognitivas relacionadas ao método para aquisição daquele conteúdo, (Freitas, 2011).

Para entender a formação de conceitos, faz-se necessário compreender o que é conceito para a teoria do ensino desenvolvimental. “O conceito é a forma refletida e pensada do objeto e elaborada em forma abstrata, geral e universal, e apresentada como um sistema de relações dentro de uma área do conhecimento.” (FREITAS, 2016, p. 391). O conceito é anterior a forma particular do objeto, a autora destaca que os conceitos podem ser considerados como ferramentas mentais que podem ser expressos em forma de teoria ou modelos nas mais diversas áreas do conhecimento e usados para explicar e compreender fenômenos. A autora também pontua que os conceitos não são isolados e estáticos, eles devem ser entendidos como um sistema de conceitos que se relacionam entre si, e que a relação geral básica de um conceito depende do sistema conceitual do qual ele está inserido, ou seja, um mesmo conceito pode assumir relações diferentes dependendo do sistema conceitual.

Davydov (1988) pontua que o percurso para a formação do conceito tem dois aspectos básicos, a generalização e as condições de origem do conteúdo.

Este percurso de assimilação do conhecimento tem dois aspectos característicos. Em primeiro lugar, o pensamento dos escolares se move de forma orientada do geral para o particular (no começo buscam identificar o núcleo inicial do material de estudo; depois, tendo por base este núcleo, deduzem as diversas particularidades do material dado). Em segundo lugar, tal assimilação está orientada para que os escolares explicitem as condições de origem do conteúdo dos conceitos que estão assimilando. (DAVYDOV, 1988, p. 167).

Por meio da formação de conceitos os estudantes conseguem se apropriar dos conhecimentos históricos e culturalmente produzidos. Freitas (2016) afirma que esses conhecimentos se desenvolvem com base em dois tipos de pensamento: o empírico e o teórico, ela ainda ressalta a importância de saber em que consistem esses tipos de pensamento e quais consequências produzem no desenvolvimento do pensamento dos alunos.

O pensamento empírico é sustentado pela lógica formal e permite ao aluno conhecer aspectos gerais do objeto, “O aspecto geral é aquilo que se repete em todos os objetos de



determinado tipo ou classe e, por isso, é definidor das suas propriedades.” (FREITAS, 2016, 395). Esse tipo de pensamento leva o aluno a conhecer determinado objeto analisando suas características comuns, comparando-o com outro objeto para identificar semelhanças.

O estudo se inicia pelo exame de relações e atributos externos do objeto, que podem ser percebidos e apreendidos de modo imediato, direto, sensorial empírico. Tais atributos e relações são, então, utilizados para produzir uma abstração que consiste na reunião dos aspectos essenciais e definidores de todos os objetos pertencentes a uma mesma classe ou categoria, isto é, uma classificação. (FREITAS, 2016, p. 395).

O pensamento empírico possibilita o desenvolvimento de ações como: classificação, sistematização e hierarquização, ele permite a percepção dos objetos por meio de seus traços externos e aparentes. Davydov (1988) reconhece a importância do pensamento empírico, mas, ressalta que ele não é efetivo para o desenvolvimento psíquico do aluno, ele é limitado quanto à formação de conceitos e permite apenas chegar a características superficiais do objeto de estudo.

Freitas (2016) destaca que o pensamento empírico se configura em uma concepção didática baseada na transmissão, em que o conhecimento não é apresentado como um processo de investigação. A consequência disso é um sistema de ensino que apresenta aos alunos apenas o resultado do processo científico, ausente do desenvolvimento criativo e investigativo da produção do conhecimento.

Em contrapartida o pensamento teórico, segundo Davydov (1988), possibilita o desenvolvimento psíquico do aluno desenvolvendo ações como reflexão, análise e experimento mental. A base desse pensamento está na generalização e abstração do conceito, “Trata-se de um processo pelo qual se revela a essência, a origem e o desenvolvimento dos objetos de conhecimento como caminho de construção do conceito.” (LIBÂNEO, 2009, p. 19).

O desenvolvimento do pensamento teórico permite ao aluno conhecer o objeto de estudo de forma integral, dessa forma é possível estabelecer a relação geral, o núcleo conceitual revelando sua universalidade, mas que, também, guarda as características de sua singularidade.

Conhecer um objeto desse modo é conhecê-lo integralmente e não apenas em parte, apreender sua existência mediada por símbolos, descobrir e recriar suas propriedades, compreender suas relações e conexões gerais e particulares a partir de sua origem ou base genética. É nesse sentido que

Davydov afirma que a abstração de natureza teórica tem como conteúdo a conexão historicamente simples do objeto. (FREITAS, 2016, p. 399).

O conhecimento teórico reflete o objeto de estudo em sua totalidade, sempre conectado com a realidade para que esse conhecimento tenha sentido para o estudante. Então, pensar teoricamente é “[...] desenvolver processos mentais pelos quais se chega aos conceitos, estes convertidos em instrumentos mentais para se fazer generalizações conceituais e aplicá-los a problemas específicos.” (LIBÂNEO, 2015, p. 14).

Para desenvolver os processos mentais que possibilitam chegar ao conceito é necessário que os alunos se coloquem em atividade de aprendizagem.

O ensino voltado para o desenvolvimento do pensamento teórico-científico requer do professor que ele leve os alunos a “colocarem-se efetivamente em atividade de aprendizagem”. Na atividade de aprendizagem os alunos devem formar conceitos e com eles operar mentalmente (procedimentos lógicos do pensamento), por meio do domínio de símbolos e instrumentos culturais socialmente disponíveis e que na disciplina estudada encontram-se na forma de objetos de aprendizagem (conteúdos). Assim, os alunos estarão desenvolvendo conhecimento teórico-científico. (LIBÂNEO, 2009, p. 21).

O conhecimento teórico forma o conteúdo da atividade de aprendizagem, visto que a “A atividade humana tem uma estrutura complexa que incluem componentes como: necessidades, motivos, objetivos, tarefas, ações e operações, que estão em permanente estado de interligação e transformação.” (DAVYDOV, 1988, p. 13). Para o autor a atividade de ensino deve ser elaborada de forma a considerar os motivos do aluno e partir do abstrato para o concreto, ou seja, do geral para o caso particular. Essa aprendizagem deve de alguma forma contribuir para a compreensão e transformação da realidade externa.

O ensino e a aprendizagem são os meios através dos quais os adultos organizam a atividade das crianças e na sua implementação reproduzem em si mesmos as necessidades surgidas historicamente, essenciais para a solução exitosa das diferentes tarefas da vida produtiva cívica. (DAVYDOV, 1988, p. 237).

Os saberes adquiridos na escola precisam ter um sentido, precisam promover a reflexão. Porém, segundo a teoria histórico-cultural, apreender esses saberes só é possível na interação com outro sujeito que já os detém, no caso da escola, o professor. É na relação entre professor, aluno e objetos sociais que acontece a aprendizagem. Mas, nesse caso, a função do professor não é a de transmissor do conhecimento, cabe a ele selecionar o conteúdo a ser trabalhado e elaborar atividades de forma que o aluno se aproprie do conceito central daquele

conteúdo e consiga, partindo do mais genérico, resolver problemas específicos sobre o assunto.

Segundo Baptista e Miranda (2011, p. 6), “A função do ensino, neste caso, é estimular nos alunos as capacidades cognitivas necessárias para a assimilação e utilização com sucesso dos conhecimentos estudados, podendo com autonomia fazer as devidas relações entre as coisas, fenômenos, informações, situações etc.”. Para atingir o objetivo, que é a compreensão de conceitos que poderão auxiliar na tomada de decisões e na transformação da realidade externa, a teoria de Ensino Desenvolvimental propõe alguns passos que devem ser considerados durante a escolha do conteúdo a ser trabalhado e durante a aplicação de uma sequência didática que tenha como finalidade o desenvolvimento de estruturas mentais.

Davydov (1988) afirma que o pensamento teórico é formado nos alunos durante a realização das atividades. Afirma ainda que, para que essas atividades atinjam o objetivo que é a formação do pensamento teórico, algumas condições devem ser levadas em conta na hora de determinar o conteúdo e na condução da atividade de estudo. Ele diz que, ao escolher o conteúdo, deve-se levar em consideração a ascensão do pensamento abstrato ao concreto. As ações de aprendizagem propostas por Davydov para auxiliar no processo de desenvolvimento humano são:

1. Transformação dos dados condições da tarefa a fim de revelar a relação universal do objeto estudado;
2. Modelação da relação diferenciada em forma objetivada, gráfica ou por meio de letras;
3. Transformação do modelo da relação para estudar suas propriedades em forma pura;
4. Construção do sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas por um procedimento geral;
5. Controle da realização das ações anteriores;
6. Avaliação da assimilação do procedimento geral como resultado da solução da tarefa de aprendizagem dada. (DAVIDOV, 1988, p. 173).

A teoria do Ensino Desenvolvimental, diferente do ensino tradicional, propõe que a aprendizagem parta do geral para o específico e que seja evitada a repetição de atividades. No ensino de Física é comum passar listas exaustivas aos alunos com um grande número de exercícios que levam o aluno à memorização e não à apropriação dos conceitos. Outro fator que pode ser superado ao usar a teoria do Ensino Desenvolvimental é o enfoque matemático conferido à aprendizagem de Física. A matemática é uma importante ferramenta para o ensino de Física, por meio dela é possível representar fenômenos que são abstratos; porém, o ensino

de Física não se resume à aplicação de equações e cálculos numéricos, pois antes de qualquer equação existe um conceito.

Davydov recrimina no ensino tradicional a transmissão direta aos alunos dos produtos finais da investigação, sem que possam aprender a investigar por si mesmas. Todavia, a questão não está em descartar os conteúdos, mas em estudar os produtos culturais e científicos da humanidade, seguindo o percurso dos processos de investigação, ou seja, reproduzindo o caminho investigativo percorrido para se chegar a esses produtos. (LIBÂNEO, 2004, p. 19).

A teoria do Ensino Desenvolvimental propõe que sejam estruturadas atividades que os alunos consigam reproduzir os caminhos investigativos para a produção do conhecimento estudado, dessa maneira será mais fácil entender qual foi a necessidade histórica do surgimento daquele conteúdo e com isso compreender a necessidade de se estudar determinado conteúdo.

O fato de entender a necessidade histórica do surgimento do conceito pode ajudar o aluno compreender que a Física não é uma ciência pronta e emanada de verdades absolutas, que o conhecimento é uma construção humana realizada por muitos em um contexto. O filósofo e epistemólogo da ciência Pierre Thuillier (1994, p. 8) considera que “Se a história da ciência conseguiu desvelar um ‘fato’<sup>2</sup> importante, sem dúvida foi este: nunca houve adequação perfeita entre as teorias e os ‘fatos’!”. A Ciência não pode ser compreendida como pronta e acabada, Thuillier (1994) diz que, uma boa teoria não é aquela irrefutável e absolutamente verdadeira, e sim aquela que possua uma determinada eficácia nas condições vigentes. Nesse sentido, é necessário mostrar aos alunos que a Ciência é uma construção humana, e que os conhecimentos e teorias que se têm hoje são resultados de um processo investigativo, social e cultural acumulado historicamente.

Freitas (2015) destaca a importância de mostrar aos alunos o caminho investigativo pelo qual se produziu o conhecimento. Ela ressalta que embora o pensamento dos estudantes tenha alguns traços do pensamento dos cientistas que desenvolveram o conhecimento, eles não são idênticos. Os estudantes não criam os conceitos, eles se apropriam deles por meio da atividade de estudo, porém quando reproduzem mesmo que de maneira simplificada os processos de criação dos conceitos estão desenvolvendo ações mentais semelhantes as que

---

<sup>2</sup> Thuillier (1994, p.8) ressalta que “coloco aspas quando escrevo “fatos”, é, em primeiro lugar, porque esta palavra não significa nada de preciso. Os cientistas utilizam fatos, isto é, certos números de observações e de resultados experimentais.”. O autor ressalta que os fatos são utilizados pelos cientistas como uma espécie de prova maciça da verdade da ciência, empreendendo assim uma glorificação excessiva da certeza e da objetividade.

foram necessárias para produzir o conhecimento, isso além de fazer com que o conhecimento tenha mais sentido para o aluno ajuda a desenvolver os motivos para aprender o conteúdo.

Entre os problemas encontrados no ensino de Física, a falta de motivação dos alunos é um dos predominantes. Para Davydov (1988), a motivação está ligada as necessidades, as emoções, aos desejos dos alunos, se o que está se ensinando não se relaciona com os motivos dos alunos dificilmente acontecerá à assimilação do conceito estudado. Dessa forma quando se fala em motivação está se pensando na necessidade, no significado e no desejo que o conceito a ser ensinado tem para o aluno.

Marengão (2011) escreve que o professor é responsável por criar tarefas que mobilizem os motivos dos alunos.

Não adianta o professor selecionar o conteúdo, observar os objetivos, organizar a atividade de aprendizagem que leve os alunos a pensar, passando por experimentos mentais, se ele não preparar tarefas que mobilizem os motivos dos alunos, de modo a articular os conteúdos curriculares com os conhecimentos e experiências que os alunos trazem à sala de aula. Se não agir dessa maneira poderá ocorrer um desinteresse generalizado em sala de aula. (MARENGÃO, 2011, p. 41).

O professor deve despertar o interesse do aluno para aprender novos conhecimentos. A motivação dos alunos não está relacionada somente com fatores de sua personalidade, é possível elaborar tarefas que levem os alunos a estabelecerem uma relação com o objeto de estudo.

A tarefa proposta pelo professor deve conter elementos que possam provocar no aluno a necessidade de estabelecer uma relação com o novo objeto a ser conhecido, seja por sua forma de desafio ou de problema a ser solucionado. Assim inicialmente o aluno não tem um motivo para aprender o objeto, mas, à medida que vai estabelecendo com ele uma relação de aprendizagem, esse motivo passa a existir. Todavia, afirma Davydov que além do motivo é necessário, por parte do aluno, o desejo de aprender. Não sendo inato e nem espontâneo, o desejo de aprender é um elemento psicológico, social e ao mesmo tempo individual, fazendo parte da estrutura psicológica da aprendizagem. Por isso ele precisa ocorrer primeiro no plano externo, social, para então ser interiorizado e passar a ocorrer num plano interno, individual. (FREITAS; ROSA, 2015, p.10).

Cabe ao professor preparar atividades e um ambiente que estimulem a vontade de aprender do aluno. O professor não é capaz de modificar a personalidade de seu aluno, mas consegue mobilizar fatores externos que levem o aluno a sentir necessidade de aprender determinado conteúdo, estimulando assim seus desejos e motivos.

No sentido de pensar em um ensino que faça do aluno um sujeito mais ativo é que foi pensado o ensino desenvolvimental. Desta forma, Libâneo e Freita pontuam que Davydov,

[...] defendeu que o ensino mais compatível com o mundo contemporâneo, da ciência, da tecnologia, dos meios de comunicação, da cultura, aquele compromissado com a transformação pessoal e social do aluno, que o ajude a desenvolver a análise dos objetos de estudo de uma forma de pensamento abstrata, generalizada, dialética. (LIBÂNEO; FREITAS, 2015, p.328).

Por isso, em nosso estudo procuramos elaborar uma sequência de atividades e investigar as contribuições de um experimento didático formativo na busca de um desenvolvimento de novos procedimentos mentais que permitam aos alunos assimilar os conhecimentos de determinado conceito.

### **1.3 Estudo lógico-histórico sobre formação de imagem no olho humano**

O ensino desenvolvimental, segundo Freitas (2011), visa à promoção do desenvolvimento da atividade mental dos alunos. A autora afirma que isso é possível por meio da aprendizagem por conceitos, “[...] o ensino na perspectiva da teoria histórico-cultural, privilegia a formação de conceitos como processo básico que influencia na formação de novas estrutura mentais” (FREITAS, 2011, p. 13), para formar conceitos é necessário que os alunos identifiquem a origem, a construção histórica do conhecimento que ele irá aprender. Assim, estudar como esse conhecimento foi desenvolvido foi essencial para elaborar as atividades de ensino.

Segundo Libâneo e Freitas (2015), a base do ensino desenvolvimental é o seu conteúdo, eles ressaltam que, desse conteúdo saem os métodos para a organização do ensino. Dessa forma, ter conhecimento do conteúdo e de sua historicidade permite delimitar o núcleo conceitual a ser estudado pelos alunos, porém para se determinar o núcleo conceitual de um conteúdo é necessário ter conhecimento sobre a origem histórica do mesmo.

Para chegar ao núcleo conceitual dessa pesquisa, que é a formação de imagem no olho humano, foram realizados vários estudos, dentre eles, destacamos a leitura do texto de Barros e Carvalho (1998), pois os autores contextualizam o estudo da óptica e pontuam quais eram as necessidades e curiosidades sobre a visão desde os pensadores da Grécia antiga. Também foram utilizados outros autores: Bassalo (1986), Forato (2007) e Pietrocola et al. (2010).

A luz e a formação de imagens são conteúdos que estão dentro do ramo da Física chamado óptica, esse ramo estuda a luz, sua interação com a matéria e a visão, e

normalmente, é ensinado na segunda série do ensino médio, a seguir apresenta-se um estudo sobre o desenvolvimento dos conceitos de óptica, em especial sobre o estudo do olho humano e da formação de imagens e como esses conteúdos foram pensados no transcorrer do tempo.

Segundo Pietrocola et al. (2010), a busca por vencer a escuridão foi umas das primeiras necessidades da humanidade, isso fez com que nossos antepassados, na idade da pedra, buscassem por fontes de luz. O autor destaca que a conquista do fogo foi fundamental para sobrevivência humana, porém com o desenrolar do tempo não bastava apenas produzir o fogo ou vencer a escuridão, era necessário compreender como enxergamos, qual era a relação entre a claridade e a imagem que se formava em nossos olhos.

A questão de como o homem enxerga foi colocada muitas vezes ao longo da história, segundo Barros e Carvalho (1998) a preocupação em entender como é possível enxergar um objeto já existia na Grécia antiga, Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) e Platão (428 a.C. – 347 a.C.), assim como outros filósofos, questionavam sobre a natureza da luz e sobre o fato de conseguirmos enxergar objetos. Segundo as autoras, o que intrigava esses pensadores era a falta de contato direto entre o olho e o objeto visto.

Platão chegou a criar hipóteses para explicar a visão. Ele supôs que partículas saíam do olho e atingiam o objeto e assim era possível enxergá-lo. Leucipo de Mileto (500 a.C.) também tentava explicar a visão por meio da emissão de pequenas partículas chamadas *eidola*, que saíam dos objetos e atingiam o olho. Ele acreditava que um tipo de pele ou imagem se desprendia do objeto e chegava até os olhos, transferindo para a alma as cores e formas dos corpos observados. (Guimarães, Piqueira e Carron, 2014).

Outra teoria muito parecida com a de Platão era usada por Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.) e Pitágoras (570 a.C. – 495 a.C.), que defendiam que a visão não era uma propriedade dos objetos e sim do olho, para eles feixes visuais, também chamados de raios visuais, saíam dos olhos e interagiam com os objetos possibilitando enxergá-los. Os gregos reconheciam a importância da luz para ver um objeto, porém ainda não conseguiam explicar de forma clara como acontecia a interação entre luz, objeto e olho humano.

Barros e Carvalho (1998) e Pietrocola et al. (2010), entre outros autores, relatam que as hipóteses dos gregos foram contestadas, pois se assim fosse, como poderia se explicar o fato de não se enxergar um objeto em uma sala totalmente escura, outra dificuldade encontrada pelos gregos era a de explicar o fato de que mesmo distante um objeto poderia ser visto. Era difícil para os gregos admitir a ação à distância, então algum tipo de ligação entre fonte e objeto deveria ser admitido.

Segundo Barros e Carvalho (1998), Euclides (285 a.C.) desenvolveu o modelo pitagórico em um tratado chamado *óptica*, ele defendeu a ideia de que raios eram emitidos pelos olhos, em seu postulado, considera que os olhos emitem raios em forma de um cone, cuja base estaria na extremidade do objeto, ele também afirma que esses raios possuiriam velocidade constante e se propagavam em linha reta.

Apesar da tentativa de explicar a visão muitas perguntas não eram respondidas por esses filósofos, Barros e Carvalho (1998) e Pietrocola et al. (2010) levantam alguns desses questionamentos: como os raios visuais conseguiam alcançar objetos muito distantes? Como objetos de tamanhos grandiosos (como montanhas) conseguiam entrar na pupila dos observadores? Se os olhos ou os objetos emanavam partículas, como explicar o fato de não se enxergar em uma sala escura?

No século XI na escola árabe, Al Hazen foi responsável por expor os conflitos na teoria dos raios visuais, fazendo testes e utilizando principalmente a luz solar, ele constatou que ao olhar diretamente para o Sol e depois fechar os olhos, a pessoa continuava vendo o disco solar por algum tempo. Percebeu ainda que ao olhar para o Sol por algum tempo a pessoa sentia ofuscamento e dor, e mesmo após fechar os olhos, a dor permanecia por algum tempo, assim os raios visuais não poderiam emanar dos olhos, pois quando os fechasse essa sensação deveria cessar imediatamente (Barros e Carvalho, 1998).

Para explicar a visão, Al Hazen admitiu que os objetos eram formados por infinitos pontos e que cada ponto emitia em todas as direções imagens de si mesmo. A luz teria um papel fundamental em sua teoria e, segundo ele, os raios solares tinham o poder de arrancar os pontos de imagens dos corpos o que possibilitaria que esses pontos chegassem até o olho. A teoria formulada por Al Hazen mostra os primeiros indícios da teoria corpuscular da luz (BARROS; CARVALHO, 1998).

Outra importante contribuição do estudioso árabe foi à câmara escura. Segundo Pietrocola et al. (2010), a caixa mágica, como era chamada a câmara de orifício, que projetava imagens invertidas, já era conhecida na Grécia antiga, porém o mérito de desenvolvimento dessa caixa foi atribuída a Al Hazen, que a utilizava para observar eclipses solares sem ter que olhar diretamente para o Sol. A câmara escura também foi utilizada no século XIV por pintores e desenhistas para reproduzir imagens de paisagens além disso, ela foi um protótipo para a câmara fotográfica.

Após as considerações de Al Hazen o estudo da óptica não cessou, vários nomes contribuíram para o desenvolvimento desse ramo da Física, por exemplo: o monge alemão Teodorico Freiberg que, no ano de 1304, propôs uma explicação para o arco-íris, falando



sobre refração e reflexão da luz solar por gotículas de água suspensas na atmosfera; Roger Bacon, em 1267, construiu lentes tornando-se o precursor do telescópio; a invenção do microscópio feita em 1590 pelo Holandês Hans Jessen; a construção de um telescópio de duas lentes por Hans Lippershey com finalidades de enxergar a longa distância e que acabou ganhando finalidade militar (BASSALO, 1986).

Como é possível notar, a óptica continuou se desenvolvendo, porém, segundo Bassalo (1986), durante esse período, ela tinha um caráter muito prático, o uso científico dos instrumentos que foram criados aconteceu no século XVII por vários nomes importantes da ciência, como: Johannes Kepler, Galileu Galilei e Isaac Newton.

Para Kepler os corpos externos consistiam de agregados de pontos. Cada ponto emitia em todas as direções raios retilíneos que se propagavam indefinidamente, ao menos que encontrassem algum obstáculo. Se um olho encontrava-se em frente destes pontos, então, todos os raios que entrassem no olho do observador formariam um cone, tendo o ponto como vértice e a pupila como base. Além disso, esses raios refratados pela córnea e partes internas do olho formariam um novo cone, cuja base estaria na pupila, mas cujo vértice estaria num ponto sobre a retina. (BARROS; CARVALHO, 1998, p.88).

A explicação de Kepler, assim como a de Al Hazen, considerava que os objetos são formados por pontos e que esses pontos emitiam imagens. Mas Kepler foi além, ele explicou como era possível enxergar objetos de tamanhos e distâncias diferentes. Barros e Carvalho (1998) explicam que ele defendeu a ideia do cone de raios, em sua explicação no objeto se encontrava o vértice do cone e na pupila a base, assim, considerava que o olho era capaz de receber raios divergentes formando os dois lados de um triângulo. Desta forma, a mente localizava o ponto a ser enxergado no vértice do cone, essa imagem alcançava a córnea e possibilitava a visão. Essa explicação utilizando o vértice e a base de um cone ficou conhecida como triângulo telemétrico.

Outro importante acontecimento científico que possibilitou aprofundar os estudos sobre a natureza da luz e a formação de imagens no olho humano foram os estudos do físico e astrônomo italiano Galileu Galilei. Um dos importantes feitos de Galileu foi o aperfeiçoamento do telescópio. Bassalo (1986) afirma que Galileu utilizou o telescópio às avessas para estudar a estrutura do olho de um inseto, assim como fez importantes considerações sobre as luas de Júpiter, os anéis de Saturno e outros astros do sistema solar.

Aperfeiçoando o telescópio de Galileu, estudando a câmara escura de orifício e buscando uma explicação para a formação de imagem no olho humano, em 1604 Johannes

Kepler explica a visão, anunciando que os raios luminosos originados de objetos visíveis sofrem refração nas lentes do olho humano e projetam-se de forma invertida na retina, porém se equivoca quando diz que a velocidade da luz é infinita. Cabe ressaltar que apesar de explicar a formação de imagens por meio da refração da luz quando atravessava lentes, a interpretação completa do fenômeno foi dada setenta anos mais tarde pelo holandês Christian Huygens. Além de Huygens, outros importantes nomes contribuíram para entender e calcular o fenômeno da refração, entre eles: Willebrord Snell van Royen, René Descartes e Pierre de Fermat (BASSALO, 1986).

Isaac Newton (1643-1727) também contribuiu para o estudo da óptica. Segundo Guimarães, Piqueira e Carron (2014) foi ele quem deu a explicação racional para o entendimento das cores e também contribuiu para entender a composição da luz. Passando um feixe de luz por um prisma, Newton observou que a luz branca era formada por várias cores.

Atualmente, sabe-se que é possível enxergar um objeto, por que ele reflete luz em todas as direções. Segundo Pietrocola et al. (2010) a pupila do olho, que tem funcionamento semelhante à câmara escura de orifício, seleciona alguns dos raios que são refletidos. Esses raios passam pelo cristalino, como em uma espécie de lente convergente que direciona para a retina. Esta por sua vez tem função de receber a luz e convertê-las em impulsos nervosos que por fim são transformados em percepções visuais.

Também é consenso no meio científico que a luz possui velocidade finita e possui uma natureza dual. Os físicos admitem que a luz ora se comporta como onda, ora como partícula. Esse assunto não é abordado na pesquisa, já que o conteúdo do experimento didático formativo foi baseado na óptica geométrica. Nesta perspectiva, considera-se a luz propagando-se como uma onda, sendo representada por raios ou feixes de luz.

O estudo lógico-histórico acima relatado foi de essencial importância para a definição do núcleo conceitual dessa pesquisa. Por meio da perspectiva lógico-histórica foi possível identificar que o núcleo conceitual desse trabalho é formação de imagem no olho humano, por meio do estudo também foi possível perceber que outros conceitos eram essenciais para entender o conceito nuclear, como: propagação retilínea da luz e lentes convergentes. Além de contribuir para determinar o núcleo conceitual, o estudo colaborou para a elaboração do texto que foi usado na primeira aula da primeira unidade didática.

## 2 CONTEXTUALIZANDO A PESQUISA

Neste capítulo, será apresentada uma descrição da pesquisa, assim como os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados para as análises. Também foi feita uma caracterização do colégio no qual foi desenvolvido um experimento didático formativo e da professora regente da turma que também é a pesquisadora. Em seguida, apresenta-se uma descrição da elaboração das atividades de ensino que foram aplicadas em uma turma de segunda série do ensino médio.

### 2.1 Experimento didático formativo

Os principais trabalhos que embasaram esta pesquisa foram: Davydov (1988), Libâneo (2004), Freitas (2011, 2015, 2016), Libâneo e Freitas (2006, 2009 e 2015) e Aquino (2014). Esses autores defendem uma abordagem dialética, que segundo Gamboa (2013), caracteriza as pesquisas que são orientadas por um interesse crítico emancipador: “o interesse crítico emancipador orienta a pesquisa, a atividade intelectual reflexiva se organiza para desenvolver a crítica e alimentar a práxis (reflexão – ação) que transforma o real e liberta o sujeito dos diferentes condicionantes” (GAMBOA, 2013, p. 73). Esse tipo de abordagem vai além da compreensão do fenômeno, o objetivo também é transformar.

A pesquisa aqui apresentada reúne características da abordagem qualitativa apontada por Bogdan e Biklen (1994), que se refere ao estudo dos alunos em seu ambiente natural, tem como fonte principal de coleta de dados a pesquisadora, possui o interesse maior no processo do que no produto, imprevisão dos resultados e o caráter descritivo. Entretanto, considerando a natureza da pesquisa e a base teórica utilizada, a teoria do ensino desenvolvimental, a pesquisa se evidencia como experimento didático formativo, que é caracterizado abaixo.

O experimento didático formativo é um procedimento investigativo característico da teoria histórico-cultural, estudado na antiga União Soviética por Vygotsky e seus colaboradores, esse método recebia o nome de genético Causal. Segundo Davydov (1988) o objetivo era pesquisar o surgimento das novas estruturas mentais mediante sua formação orientada por objetivos.

Segundo Neves e Resende (2014), os estudos sobre experimento didático formativo são recentes no Brasil e iniciaram no final do século passado, os autores ressaltam em seus levantamentos bibliográficos que várias terminologias foram usadas para se referir ao método: experimento didático formativo, experimento didático, experimento formativo e experimento

de ensino. Nesse trabalho será usada a mesma nomenclatura utilizada nos trabalhos desenvolvidos na Pontifícia Universidade Católica de Goiás, experimento didático formativo.

O experimento didático formativo é um método de pesquisa que busca estudar o desenvolvimento mental dos alunos. Segundo Davydov, “[...] o estudo das peculiaridades da organização do ensino experimental e sua influência no desenvolvimento mental dos escolares exigiu a aplicação de um método especial de pesquisa, que, na psicologia, é comumente chamado de *experimento formativo*.” (DAVYDOV, 1988, p. 186). O autor ainda pontua que o desenvolvimento mental do ser humano se realiza durante o processo de sua educação e ensino e que o experimento formativo foi desenvolvido para estudar esse processo.

Nessa perspectiva, o experimento didático formativo, segundo Miranda et al. (2011), orienta a elaboração de planos de ensino no qual o objetivo é desenvolver e avaliar atividades capazes de elevar o nível de pensamento dos alunos. A principal característica desse método está na intervenção ativa do pesquisador que, segundo Davydov (1988), se diferencia do experimento de constatação que enfoca o estado já formado.

A realização do experimento formativo pressupõe a projeção e modelação do conteúdo de novas formações mentais a serem constituídas, dos meios psicológicos e pedagógicos e das vias de sua formação. Na investigação dos caminhos para realizar esta projeção (modelo) no processo do trabalho de aprendizagem cognitiva com as crianças, pode-se estudar também as condições e as leis de origem, de gênese das novas formações mentais correspondentes. (DAVYDOV, 1988, p. 188).

O enfoque não está nas ações já formadas, mas, sim naquelas que os estudantes ainda irão desenvolver por meio das relações entre professor, alunos e atividade de ensino. Borges (2016) pontua que o experimento didático formativo representa uma alternativa para as pesquisas que têm como enfoque a relação entre ensino-aprendizagem e pode trazer avanços para a didática das metodologias específicas das disciplinas. O autor ressalta que sua utilização requer alguns cuidados por parte do pesquisador, como: ter conhecimento dos princípios da teoria histórico-cultural, domínio do conteúdo e dos procedimentos metodológicos da disciplina ensinada e também dos procedimentos didático-pedagógico do ensino.

Aquino (2014) destaca que o experimento didático formativo vai além de uma metodologia de pesquisa, “convertendo-se, também, em método de ensino e educação experimentais, orientado a potencializar a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual, físico e emocional dos alunos.” (AQUINO, 2014, p. 4647). Assim, ele também é uma

investigação pedagógica que tem como objeto de pesquisa o professor e o aluno em atividades de ensino e aprendizagem.

Considera-se que o método do experimento didático-formativo apresenta as seguintes vantagens sobre outros tipos de experimento: permite a intervenção direta do pesquisador nos processos psíquicos e pedagógicos que investiga; experimenta com disciplinas escolares que permitem definir os diferentes aspectos do ensino que tem influência no desenvolvimento dos alunos: o programa de estudo, o sistema conceitual da disciplina, a coerência entre objetivos – conteúdos – métodos - meios - condições do ensino; o experimento didático-formativo permite examinar as condições em que se geram a aprendizagem, as neoformações psicológicas e capacidades que estão sendo pesquisadas[...]. (AQUINO, 2014, p. 4647).

A riqueza do experimento didático formativo está na possibilidade de observação detalhada do desenvolvimento dos alunos e na aprendizagem que é provocada na sua condução. Segundo Aquino (2014), ele permite superar o estudo das particularidades psicológicas isoladas dos alunos e apontar características do desenvolvimento integral.

Aquino (2014) também destaca quatro etapas que podem auxiliar na elaboração, aplicação e análise do experimento didático formativo, são elas: revisão da literatura e diagnóstico da realidade a ser estudada, elaboração do Sistema Didático Experimental, desenvolvimento do experimento didático formativo e análise dos dados e elaboração do relatório.

Na primeira etapa, o autor destaca a importância de se realizar um levantamento bibliográfico sobre estudos similares ao que se pretende desenvolver, assim como fazer um diagnóstico sobre o estado geral da prática pedagógica da disciplina que se pretende trabalhar e também fazer a caracterização da turma, na qual será desenvolvido o experimento.

Em seguida, Aquino (2014) orienta que se deve criar um plano de ensino que preserve os conteúdos da disciplina, porém siga os princípios norteadores do ensino desenvolvimental. Ele propõe que o plano de ensino seja dividido em unidades, que contenham tarefas e problemas que os alunos devem resolver para se apropriar dos conhecimentos científicos.

No desenvolvimento do experimento didático formativo, Aquino (2014) destaca os métodos de coleta de dados. A observação segundo o autor é a principal fonte, ele ressalta que a observação deve ser feita em gravações de áudio e vídeo e de forma direta pelo próprio pesquisador, ele defende que a câmera não capta nada além do que está em seu ângulo de visão.

Por sua vez, a observação direta e sistemática dos pesquisadores permitirá compensar as limitações dos vídeos, registrando a conduta de professores e alunos no contexto socioeducativo em que se produzem, assim como

observando a sua relação com as demais circunstâncias intervenientes nas aulas. (AQUINO, 2014, p. 4652).

Outra característica importante dessa etapa está na transcrição dos vídeos gravados. Aquino (2014) ressalta que somente de posse de todos os dados o pesquisador conseguirá traçar categorias de análise. No experimento didático formativo não é possível prever as análises antes da realização do experimento, as categorias surgem quando se compara o quadro conceitual da pesquisa com os aspectos relevantes que foram observados.

O autor também destaca na terceira etapa, a importância de se fazer uma avaliação do experimento com os sujeitos da pesquisa, perguntar aos alunos e professores envolvidos como se apropriaram do experimento, como se deu o método de aprender e de ensinar. Segundo Aquino (2014), isso permitirá uma melhor triangulação dos dados na etapa de análise.

A última etapa é a análise dos dados e elaboração do relatório. Segundo Aquino (2014), é a parte mais delicada e complexa da pesquisa, pois é necessário sair do limite do visível e trabalhar com indícios e sintomas, “[...] não é possível observar de forma direta os processos e fenômenos estudados como acontece, por exemplo, em muitas das Ciências da Natureza. Por isso, é preciso recorrer a métodos como a experimentação e a análise dos fatos observados.” (AQUINO, 2014, p. 4654). Deve-se, por meio da análise dos fatos, descobrir relações que não estão visíveis.

[...]a análise dos dados precisa estar orientada não para as possibilidades ideais, senão para os fatos realmente observados; a análise não é apodítica ou preditiva, ela precisa ser verdadeira, real; a análise se realiza com posterioridade à realização da experiência, ela é aposteriorística; a análise surge da indução e a guia, não da intuição; e o mais importante: a análise conduz a generalizações que tem limites e graus, mas que se elaboram a partir das essências. (AQUINO, 2014, p. 4655).

Não é possível traçar o caminho da análise de dados de um experimento didático formativo antes de aplicá-lo. Assim, os fatos observados, os relatos gravados e escritos e a base teórica utilizada delimitarão quais são as categorias a serem analisadas. O fato é que um experimento aplicado para turmas ou por professores diferentes podem levar a outras categorias de análise. Borges (2016) afirma que esse tipo de pesquisa é demarcado pelo contexto pesquisado, assim, não pode ser replicado na íntegra, mas podem servir de referência para mudanças na forma de ensinar.

## 2.2 Instrumentos de coleta de dados

Para atingir o objetivo geral da pesquisa – que é verificar as contribuições de um experimento didático formativo para o ensino do conceito de formação de imagem no olho humano – foi elaborado um plano de ensino que, segundo Libâneo e Freitas (2009), “possibilita antecipar mentalmente as ações a serem realizadas em uma matéria, ao organizar conteúdos, objetivos, formas de organização e gestão das aulas” (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p.01). O plano de ensino (Apêndice A) foi baseado em atividades de ensino que procuraram atender a necessidade de ensinar do professor e o desejo de aprender do aluno. Elas são uma unidade de formação tanto do professor que aprende, enquanto prepara as atividades, quanto dos alunos que aprendem quando desenvolvem essas atividades na busca por solucionar um problema.

Durante toda a aplicação do plano de ensino, os alunos foram observados pela pesquisadora, além de imagens e áudios que foram registrados para compor o corpo da análise desta pesquisa. As gravações foram realizadas por duas câmeras, uma delas permaneceu fixa em um grupo durante toda a aplicação do experimento, esse grupo foi escolhido por meio de sorteio. A outra ficou nas mãos da professora, pois, como o experimento foi desenvolvido com um número grande de alunos que estavam separados em grupos menores, deixar uma câmera gravando toda a sala não seria produtivo, já que, foi feito um teste inicial de gravação e os debates entre os grupos não ficaram audíveis. Por esse motivo, uma das câmeras ficou nas mãos da professora pesquisadora que circulava pela sala durante as atividades. Desta forma, foi possível registrar a interação de vários grupos e também os diálogos com a professora.

Os alunos também realizaram tarefas que permitiam verificar em que grau se deu a compreensão do conceito estudado, para que, ao final do trabalho, fosse possível identificar como o conhecimento pôde ser apropriado e apontar falhas na compreensão do conceito, caso ocorresse. O comportamento dos alunos e até mesmo o da professora pesquisadora – também são elementos de avaliação da metodologia.

Todas as aulas foram registradas pela professora pesquisadora em um diário de campo com a intenção de criar um registro escrito de memórias e percepções das aulas, elementos que as câmeras não poderiam registrar e que com o tempo se faz esquecer. Aquino (2014) destaca a importância da observação por parte do pesquisador e dos registros minuciosos. Para isso, as câmeras estão limitadas a registrar os fatos observáveis, mas existem elementos como a conduta dos professores e alunos que só são detectáveis por meio da observação

direta. Todas as aulas registradas em vídeo foram transcritas e as tarefas de ensino de cada grupo foram recolhidas e também utilizadas como elemento de análise.

A pesquisa se iniciou com um total de 37 participantes, com todos os alunos matriculados na turma. Porém, como já era final de ano e muitos alunos já haviam conseguido a aprovação, o número de participantes na pesquisa foi diminuindo, sendo que no último encontro havia o total de 20 alunos. A análise de dados foi realizada com os 20 alunos que participaram integralmente da pesquisa, ou seja, que estiveram presentes na maior parte dos encontros. Dessa forma, as análises se pautaram na observação e estudo desse público. Os alunos também foram divididos em grupos desde o início do experimento didático: inicialmente, foram montados sete grupos, esses grupos foram sofrendo pequenas alterações durante a aplicação das aulas, de modo que, no último encontro, restaram cinco grupos. A redistribuição dos grupos teve que ocorrer, pois devido à desistência de alguns alunos no decorrer das aulas, alguns grupos foram ficando com poucos integrantes e esses foram recolocados em outros, de forma que, ao final, restaram cinco grupos.

Para a análise de dados, definiram-se algumas categorias tomando como base o conteúdo trabalhado, o conhecimento sobre a teoria do ensino desenvolvimental e o olhar da pesquisadora sobre o problema estudado, são elas: conhecimento prévio dos alunos, as tarefas de estudo despertando os motivos, movimento de apropriação do conceito de propagação retilínea da luz e generalização do conceito de formação de imagem. Algumas das categorias que serão analisadas são similares às utilizadas por Borges (2016), porém sabe-se que pelo contexto sociocultural ser outro, as análises assumirão caminhos diferentes. Aquino (2014) ressalta que as categorias de análise de um experimento didático formativo só são delimitadas quando se analisa a base teórica utilizada na pesquisa juntamente com o universo de dados coletados.

Por meio da análise das gravações, do diário de campo e das tarefas dos alunos, será possível analisar qual foi o nível de compreensão do conteúdo, se os estudantes conseguiram aplicar os conceitos aprendidos em outras situações problemas que foram propostas no desenvolvimento da pesquisa. Um elemento fundamental da análise de dados foi a gravação dos vídeos, visto que as transcrições das aulas trouxeram elementos fundamentais sobre o debate e formação dos conceitos. Nas transcrições, para preservar a identidade dos alunos, foram utilizados números no lugar de nomes, assim para cada um dos 20 alunos analisados se atribuiu um número que, durante toda a análise, o representará.



### 2.3 Caracterização da escola, da professora e dos estudantes participantes da pesquisa

As aulas foram desenvolvidas em uma turma de segunda série do ensino médio de uma escola pública do município de Jataí. A escolha da escola se deu pelo fato de a pesquisadora trabalhar na instituição como professora de Física das turmas de ensino médio. Outro fator que beneficiou a escolha da turma foi o fato de ter aulas conjugadas da disciplina de Física, duas aulas de 45 minutos seguidas, o que proporcionou encontros de uma hora e meia com a turma e facilitou a aplicação das atividades.

A escola escolhida fica no município de Jataí no estado de Goiás, é uma escola estadual que em 2014 foi passada ao comando da polícia militar de Goiás. Seu atual prédio foi inaugurado em 1962, porém segundo Pires (1997) esse colégio foi o primeiro a oferecer gratuitamente o então chamado ensino secundário na cidade. Criado em 1950 por meio de uma cooperativa comunitária, não tinha ainda sede própria, o objetivo era atender alunos que não tinham condições de pagar pelo ensino secundário.

Atualmente, a escola funciona em dois turnos, matutino e vespertino e é o maior colégio do município. Localizado na região central da cidade, oferece ensino fundamental, do 6º ao 9º ano, e Ensino Médio, atendendo cerca de 1200 alunos de diversos setores e também das mais variadas classes econômicas. O prédio tem atualmente 15 salas de aula que contam com climatizador de ambiente, *data show* e caixa de som, sala de recursos audiovisuais, 02 salas para coordenação, biblioteca, laboratório de ciências, laboratório de informática, 02 salas para aulas de reforço, laboratório de artes plásticas e espaço para aula de dança e convivência dos alunos.

O fato de a pesquisadora trabalhar na instituição facilitou o contato com o grupo gestor e também a logística das aulas que foram ministradas, pois uma parte da aplicação do plano de ensino se deu no próprio horário de aula.

A professora trabalha na escola desde 2012, ano em que concluiu o curso de Licenciatura em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Durante toda a graduação, se envolveu com projetos de pesquisa, sendo bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) durante dois anos e meio e fazendo parte do Programa Instituição de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID) durante um ano.

Naquele tempo, a professora sempre se envolveu com pesquisa e por isso ao terminar a graduação não esperou muito para cursar o mestrado. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática no segundo semestre de 2015 e o

objetivo principal foi buscar por metodologias que tornem o aluno mais ativo no processo de ensino e possibilitem uma maior aprendizagem na disciplina de Física.

A professora sempre teve muita preocupação com a falta de interesse pela disciplina de Física por parte dos alunos e com as dificuldades de compreensão do conteúdo, dessa forma quando ingressou no curso de pós-graduação o objetivo era buscar por uma metodologia que colocassem os alunos em uma postura mais autônoma no processo de ensino e que despertasse o interesse em aprender.

Para desenvolver o plano de ensino foi escolhida uma turma de segunda série do ensino médio, escolheu-se essa série por serem turmas que apresentavam um maior grau de apatia na disciplina. No ano de 2016, o colégio estava com três turmas de segunda série em funcionamento, a segunda série em que se aplicou as atividades foi definido pelo fato de terem um maior número de alunos com dificuldade na disciplina – ao final do 3º bimestre, 33% dos alunos precisavam tirar uma nota maior que a média do colégio (6,0) no 4º bimestre para serem aprovados – a turma apresentava uma quantidade considerável de alunos que relatavam não conseguir entender o conteúdo ministrado e não ter afeição pela disciplina.

A turma tinha 37 alunos matriculados que têm entre 15 e 17 anos e, em sua maioria, eram do sexo feminino, cerca de 70%, todos moradores da zona urbana e provenientes de diversos setores da cidade. Era uma turma bastante agitada e com muita conversa paralela, então o desafio de desenvolver as atividades nessa turma foi um pouco maior, mas não menos gratificante.

Por se tratarem de menores de 18 anos, foi elaborado um termo de consentimento de livre esclarecimento (Apêndice B) para que os responsáveis dos alunos tomassem conhecimento da pesquisa e autorizassem os alunos a participar do experimento, o termo foi entregue na semana anterior ao início da aplicação das aulas e recolhido no dia da aplicação da tarefa diagnóstica. Todos os responsáveis autorizaram a participação do aluno na pesquisa.

Após uma breve apresentação da escola e dos sujeitos da pesquisa, será exposto na próxima seção, o processo de elaboração do plano de ensino, assim como suas atividades de ensino, objetivos de cada aula e materiais utilizados.

## **2.4 Elaboração e apresentação das atividades de ensino**

Buscando as contribuições de um plano de ensino baseado na teoria do ensino desenvolvimental para a formação do conceito de formação da imagem no olho humano em alunos da 2º série do ensino médio, elaboraram-se seis atividades de ensino que foram

divididas em quatro unidades didáticas e desenvolvidas em onze aulas. “Por ‘unidade didática’ entenda-se aqui um conjunto estruturado de atividades de ensino e aprendizagem, numa sequência lógica, visando à consecução de objetivos de aprendizagem.” (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p.1).

No ensino desenvolvimental, o ensino é a atividade mediadora do desenvolvimento mental, para tanto cabe ao professor elaborar atividades que consigam fazer com que os alunos criem novos procedimentos mentais.

A didática desenvolvimental propõe que o ensino visa promover e ampliar o desenvolvimento mental. Em outras palavras, a finalidade do ensino é a formação de ações mentais (capacidades intelectuais) por meio dos conteúdos. A realização dessa finalidade se dá pela atividade de aprendizagem que consiste nos processos de formação de conceitos e operação mental com conceitos<sup>3</sup>. Chega-se aos conceitos pelo processo abstração-generalização, ou seja: primeiro é preciso que o aluno, com a ajuda do professor, vá caminhando com seu raciocínio na identificação de um princípio interno comum que está na origem da constituição de um determinado conteúdo. (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p.2).

Pretende-se com o processo de abstração-generalização que o estudante consiga, a partir de relações gerais, resolver casos particulares. Para Libâneo e Freitas (2009), o aluno que consegue deduzir relações particulares de uma relação abstrata é aquele que dominou o conceito, ou seja, quando um estudante consegue generalizar e resolver situações específicas a partir de uma relação geral pode-se dizer que o conceito foi aprendido.

Outro ponto importante da teoria do ensino desenvolvimental está relacionado à construção social e histórica do conceito que se deseja ensinar. Para que o aluno compreenda o porquê de estudar determinado conteúdo é importante entender os motivos que levaram a humanidade a buscar determinado conhecimento.

Davydov concretiza esta tese na teoria do ensino desenvolvimental, indicando a forma de estruturação da atividade de estudo dos alunos por um

---

<sup>3</sup> O termo “conceito” deve ser entendido, na teoria do ensino desenvolvimental, como o procedimento mental que o sujeito desenvolve para deduzir relações particulares de uma relação abstrata. Os indivíduos vêm e organizam a realidade à sua volta através dos conceitos, pois pensamos e agimos com conceitos. Os conceitos se constroem na base de princípios lógicos que, por sua vez, ajudam o indivíduo a organizar os dados da experiência sensível. Para Davídov, como vimos, o conceito – enquanto modo geral de acesso ao objeto – vai se formando nos processos investigativos e procedimentos lógicos de pensamento que permitem a aproximação do objeto para constituí-lo como objeto de conhecimento. Se colocado nesse caminho, o aluno adquire um método teórico geral, ou seja, o conceito, cuja internalização possibilita a resolução de problemas concretos e práticos. (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p. 2).

caminho que os leva a formarem o pensamento teórico a partir da reprodução do caminho investigativo do cientista e da obtenção de conclusões científicas acerca desse objeto. Para isso, o professor apresenta aos alunos tarefas de solução de problemas que os colocam no processo de busca científica das condições de origem do objeto, pelo movimento do abstrato ao concreto. (LIBÂNEO; FREITAS, 2015, p.350).

É comum que os conceitos e teorias estudadas em Física sejam apresentados de forma pronta aos alunos, os motivos que levaram determinado conhecimento a ser desenvolvido muitas vezes não são retomados. É necessário que os alunos entendam o caminho percorrido pelos cientistas para chegar à formulação de determinado conceito. Thuillier (1994) defende que é necessário mostrar que os conceitos científicos não são verdades prontas, que são produtos de construções sociais. Dessa forma, mostrar a gênese do conceito é fundamental tanto para entender a Ciência, como uma construção histórica, quanto para uma maior compreensão do conceito estudado.

O plano de ensino elaborado tem o objetivo de fazer com que os alunos entendam como acontece o processo de formação de imagem no olho humano. E a questão central que os alunos precisam responder é: “Como podemos enxergar um objeto? O que é necessário para que isso ocorra?”. Para responder a essas questões, os alunos realizaram uma série de tarefas que foram estruturadas com base na teoria do ensino desenvolvimental.

De acordo com Libâneo e Freitas (2006), a base do ensino desenvolvimental é o seu conteúdo, mas não se trata de um ensino transmissivo e verbalista e sim de desenvolver competências e habilidades que possibilitem aos estudantes aprenderem por si mesmos. Pensando nessa autonomia pela busca do conhecimento é que se elaborou as atividades apresentadas nesse trabalho.

Como orienta Aquino (2014), o plano de ensino elaborado deve preservar o conteúdo da disciplina vigente, porém, é necessário que este seja submetido a uma organização didática superior, procurando o essencial, o geral dos conceitos a serem ensinados. Dessa forma, o conteúdo trabalhado com os alunos foi retirado do currículo referência da rede estadual de educação de Goiás, que tem luz e som como eixo temático para o terceiro e quarto bimestre. O conteúdo escolhido para o desenvolvimento do plano de ensino foi óptica geométrica. Para esse conteúdo, os currículos da rede estadual apontam as seguintes expectativas de aprendizagem:

- Compreender que a luz em um meio uniforme se desloca em linha reta e com velocidade constante;
- Saber explicar como objetos não luminosos podem ser vistos;
- Compreender a formação de imagens em lentes;

-Compreender o funcionamento básico dos instrumentos óticos simples: lupa, olho, microscópio e telescópio. (GOIÁS, 2014, p.366).

Algumas delas estão em consonância com os objetivos de aprendizagem dessa pesquisa, o objetivo maior é fazer com que os alunos entendam como acontece a formação da imagem no olho humano e para isso, também, precisarão compreender o conceito de propagação retilínea e saber como os objetos luminosos e não luminosos podem ser vistos. Vale ressaltar que o objetivo da pesquisa não foi atingir essas expectativas em sua totalidade. Por exemplo, da primeira expectativa foi retirado o conceito de propagação retilínea, não se trabalhou com velocidade da luz no momento de aplicação da pesquisa, esse conteúdo foi abordado pela professora em outra oportunidade.

Aquino (2014) salienta que o plano de ensino deve ficar elaborado em unidades e que em “[...] cada unidade serão aprimoradas as tarefas ou problemas de aprendizagem que os alunos devem resolver para se apropriar dos conhecimentos científicos e formar novas capacidades [...]” (AQUINO, 2014, p. 4652). Libâneo e Freitas (2009) também defendem a divisão do plano de ensino em unidades. Segundo eles, o plano de unidades ou também chamado de planos de aulas são formas de estruturar um assunto que é trabalhado em um curto espaço de tempo. Outros trabalhos como os de Barbosa (2016) e Machado (2017) também usam a denominação de unidades didáticas para estruturar o plano de ensino.

Libâneo e Freitas (2009) destacam que a elaboração de uma unidade didática deve consistir de três movimentos docentes e discentes que estão interligados:

- a) Análise do conteúdo da matéria (estrutura conceitual básica) para identificar a relação geral que se aplica a manifestações particulares desse conteúdo.
- b) Dedução de determinadas relações que se manifestam em outras relações particulares, formando um sistema unificado dessas relações, ou seja, o núcleo conceitual. Ou seja, parte-se do conceito “nuclear” do assunto estudado (isto é, do princípio geral) para aplicação a problemas particulares, que é o que se diz de “operar praticamente com os conceitos”.
- c) Domínio do modo geral pelo qual o objeto é construído, implicando os modos de atividade anteriores aplicados à investigação dos conceitos a serem interiorizados. Significa o domínio dos procedimentos lógicos do pensamento que têm caráter generalizante, ou seja, adquirir os métodos e estratégias cognitivas dos modos de atividades anteriores (o percurso investigativo de apreensão teórica do objeto). Em resumo, dominar o modo geral de funcionamento mental em relação ao objeto de estudo é que chamamos “formação de conceitos”. (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p.3).

Para a elaboração das unidades didáticas, inicialmente, fez-se um estudo do conteúdo para identificar as suas relações gerais, buscando entender porque foi necessário compreender

como o homem enxerga, quais acontecimentos levaram o ser humano a estudar a luz e a formação de imagens.

O trabalho de identificar o conceito nuclear para se entender a visão não foi fácil, já que envolvem muitos conceitos que são considerados indispensáveis para explicação do fenômeno. Foi necessário realizar um estudo lógico-histórico dos conceitos a serem abordados – esse estudo está descrito na seção 1.3, sobre o título estudo lógico-histórico sobre formação de imagem no olho humano.

O estudo lógico-histórico realizado mostrou que, para compreender a formação da imagem no olho humano, é necessário que os alunos se apropriem de outros conceitos que são fundamentais como: corpos luminosos, propagação retilínea da luz, independência dos raios luminosos e lentes. Por conta dessa variedade de conceitos, dividiu-se o plano de ensino em unidades didáticas no qual cada unidade teria um conceito chave que estaria relacionado com a questão principal do plano de ensino, que é entender como são formadas as imagens no olho humano.

Após a definição do conceito nuclear, passou-se para a fase de elaboração das atividades de ensino. Em cada unidade didática buscou-se levar para os alunos a história do conceito que eles iriam estudar, ora por meio de textos, ora por meio de vídeos. O quadro 1, traz um resumo das atividades que foram desenvolvidas nas onze aulas, bem como o objetivo principal de cada atividade.

**Quadro 1 - Resumo das atividades desenvolvidas**

<b>Unidade didática</b>	<b>Conceito chave</b>	<b>Encontro</b>	<b>Atividades</b>	<b>Objetivo</b>
1	Propagação retilínea da luz	1	Apresentação da pesquisa	Apresentar a metodologia da pesquisa e recolher o termo de consentimento de participação na pesquisa.
			Aplicação da tarefa de diagnóstico	Identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre luz e imagem.
		2	Leitura e debate do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica”	Identificar a importância da visão para a percepção do mundo Entender a necessidade histórica do surgimento do conceito de propagação da luz e visão
			Atividade de ensino 1: “Sala do nada”	Investigar a importância da luz para enxergar um objeto.
			Atividade de ensino 2: “Luz e sombras”	Compreender que a luz se propaga em linha reta.
2	Formação de imagem	5 e 6	Atividade de ensino 3 : “Câmara escura”	Compreender como a imagem é formada em uma câmara escura
		7	Atividade de ensino 4: “Eclipses”	Aplicar os conhecimentos de câmara escura e propagação retilínea na solução de problemas.

3	Lente convergente	8 e 9	Atividade de ensino 5: “Lentes”	Entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente
4	Formação de imagem no olho humano	10 e 11	Atividade de ensino 6: “olho humano”	Compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular
			Roda de conversa sobre o que os alunos aprenderam e o que acharam da metodologia utilizada nas aulas	Avaliar a metodologia utilizada durante as aulas

Fonte: elaborado pela autora

É importante ressaltar que se procurou elaborar atividades de ensino que de alguma forma envolvessem a experimentação e o manuseio de instrumentos relacionados ao conteúdo. Buscou-se desenvolver tarefas diferentes daquelas tradicionalmente executadas pelos alunos em sala de aula, que geralmente se pautam em uma lista de exercícios de repetição com aplicação de equações que muitas das vezes não fazem sentido para os alunos.

#### ***2.4.1 Apresentação da unidade didática 1***

A primeira unidade didática tinha como objetivo principal fazer com que os alunos compreendessem que a luz se propaga em linha reta, assim o conceito chave dessa unidade era um dos princípios da óptica geométrica, propagação retilínea da luz. Para isso foram desenvolvidas quatro aulas de 45 minutos cada.

As duas primeiras aulas consistiram na apresentação da pesquisa aos alunos e na aplicação da tarefa diagnóstica (Apêndice C) para o levantamento de conhecimentos prévios, o assunto a ser trabalhado foi introduzido por meio da leitura coletiva de um texto adaptado pela professora pesquisadora intitulado “Visão: das trevas à óptica geométrica” (Apêndice D).

Segundo Libâneo e Freitas (2015), é importante entender como e quais condições deram origem ao objeto, isso ajuda a identificar o núcleo conceitual a ser trabalhado que é uma das principais características do ensino desenvolvimental e também auxilia o aluno a entender como acontece a produção do conhecimento científico. Por isso, no início de cada unidade Didática que foi trabalhada buscou-se mostrar aos alunos o processo de construção e pensamento do conceito que seria abordado.

Na primeira unidade, utilizou-se um texto que trouxe informações históricas de como o conceito de visão foi pensado, relatando algumas explicações mitológicas e filosóficas sobre a construção desse conceito. Além das várias visões que tentavam explicar como o homem

enxergar um objeto, a leitura trouxe para a sala de aula algumas provocações com o intuito de despertar a curiosidade dos alunos e fazer com que eles tentassem criar modelos para responder os questionamentos do texto. As perguntas direcionadas aos alunos foram:

- A luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos?
- Quais coisas produzem luz?
- Quais coisas bloqueiam a luz?
- Como a imagem das letras desse papel chega até você?
- Qual é o papel da luz no processo de enxergar?

Finalizando o debate sobre texto, outra pergunta foi lançada, o que seria possível enxergar em uma sala totalmente escura? Essa pergunta foi introduzida aos alunos, pois ela já os levaria a refletir sobre a próxima atividade de ensino da unidade didática um, a “sala do nada”.

A atividade “Sala do nada” foi adaptada do trabalho de Gircoreano e Pacca (2001) que propõem a montagem de uma sala totalmente isolada da luz, para que os alunos vivenciem a situação de completa escuridão, pois segundo eles, há a concepção espontânea de que os objetos claros são observáveis mesmo na completa escuridão.

Para direcionar os alunos nos debates, elaborou-se uma atividade de ensino (Apêndice E) na qual os alunos deveriam prever que objetos colocados sobre a mesa seriam possíveis de observar em uma completa escuridão, a proposta era que os alunos debatessem em grupo as perguntas, criassem uma hipótese e depois executassem a atividade para verificar se as conclusões do grupo estavam ou não corretas.

Essa atividade foi realizada em uma sala totalmente escura (com ausência completa de luz), na qual alguns objetos de várias cores e formatos foram dispostos em uma mesa, os alunos deveriam observar esses objetos e antes das luzes se apagarem relatar na folha de atividades qual ou quais objetos poderiam ser visualizados com as luzes apagadas. Após a realização da atividade, os alunos deveriam novamente debater em grupo, reformular suas conclusões e apresentá-las à turma ao final da aula. O objetivo dessa atividade era fazer com que os alunos percebessem a importância da luz na visualização dos objetos e fazer com que chegassem à conclusão de que as explicações da eidola<sup>4</sup> e dos raios visuais apresentadas no texto “Visão: das trevas a óptica geométrica” não conseguiam explicar o que acontecia na sala escura.

---

<sup>4</sup> Termo usado por Leucipo de Mileto para explicar a visualização de um objeto, ele acreditava que só era possível enxergar algum objeto por conta de pequenas partículas que o objeto emitia e atingia os nossos olhos, a essas partículas ele deu o nome de eidola. (PIETROCOLA, 2010, p.309).



Finalizando a unidade didática 1, foi aplicada a segunda atividade de ensino, intitulada “Luz e sombras” (Apêndice F). Essa atividade foi adaptada do roteiro de atividades de Catunda (2003), e teve por objetivo levar os alunos a compreenderem que, em um meio homogêneo, a luz não faz curvas. Para isso foi desenvolvido um roteiro que auxiliaria os alunos nos debates e formulações de modelos para explicar cada fenômeno proposto na tarefa.

A atividade de ensino Luz e sombras é um roteiro baseado em atividades experimentais, no qual os alunos deveriam fazer formulações mentais sobre alguns acontecimentos e depois executar um experimento para verificar se as formulações estavam corretas ou se precisariam de adaptações. Para isso, os alunos receberam alguns materiais, como: cartões com um furo circular no meio, lâmpadas de lanterna, prendedores de roupa, pilhas e folha branca, como mostra a figura 1.

**Figura 1- materiais utilizados na atividade Luz e sombras.**



Fonte: arquivo pessoal da autora

O objetivo da atividade Luz e sombras era fazer com que os alunos concluíssem que a luz se propaga em linha reta (princípio da propagação retilínea da luz). Por esse motivo, foram propostas várias montagens de experimento para que, ao final, o conceito de propagação retilínea da luz ficasse claro para os alunos.

A unidade didática 1 foi finalizada com um debate entre os grupos, no qual cada um deveria expor suas conclusões e relatar de forma breve o que havia aprendido naquele momento.

### 2.4.2 Apresentação da unidade didática 2

A unidade didática 2 tinha o objetivo de fazer com que os alunos compreendessem como era formada a imagem em uma câmara escura. Para isso, foram elaboradas duas atividades de ensino que foram divididas em três aulas de 45 minutos cada, duas delas envolvendo a câmara escura e outra de aplicação dos conceitos envolvendo eclipses lunares e solares.

Para dar início a essa unidade, novamente buscou-se mostrar aos alunos a origem histórica do conceito que eles iriam aprender. Para isso, exibiu-se os primeiros quinze minutos do episódio quatro – Escondido na luz – da série *Cosmos: uma odisséia no espaço-tempo*<sup>5</sup>. O vídeo aborda como surgiu a primeira câmara escura e como esse conhecimento foi investigado na época, destacando os principais nomes e a importância de se compreender a propagação da luz.

A terceira atividade de ensino intitulada “Câmara Escura” (Apêndice G) foi introduzida com a apresentação do vídeo e, logo em seguida, foi fomentado um debate sobre o vídeo. A pergunta geradora era: como acontece o processo de enxergar um objeto? Em seguida ao debate, os alunos receberam uma câmara escura, que pode ser vista na figura 2, e uma folha com a atividade de ensino dessa aula.

**Figura 2 - Câmara escura de orifício confeccionada pela professora pesquisadora**



Fonte: arquivo pessoal da autora

As perguntas da atividade de ensino tinham por objetivo fazer com que os alunos refletissem sobre o porquê das imagens se formarem de forma invertida no anteparo da

<sup>5</sup> A série *Cosmos: uma odisséia no espaço-tempo* é um documentário científico americano, continuação da série *cosmos* que foi exibida nos anos 80 e apresentada por Carl Sagan. A nova série foi dirigida Seth MacFarlane e Ann Druyan, viúva de Sagan e estrelada pelo físico Neil deGrasse Tyson e foi ao ar no ano de 2014.

câmara escura. Eles precisavam elaborar explicações para esse fenômeno assim como dar sugestões para que a imagem se formasse com maior nitidez dentro da câmera.

A terceira aula dessa unidade procurou abordar a quarta ação de aprendizagem proposta por Davydov (1988): estruturar um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas por um procedimento geral. A quarta atividade de ensino da sequência de atividades elaborada, intitulada “Eclipses” (Apêndice H), consistia em fazer com que os alunos aplicassem o conceito de propagação retilínea da luz para explicar a ocorrência dos eclipses e da formação de imagem invertidas em câmaras escuras de orifício. A proposta foi elaborada para ser desenvolvida em grupo e sempre mediante um debate e também ser finalizada com uma conversa na qual cada grupo teria a oportunidade de apresentar suas conclusões.

### ***2.4.3 Apresentação da unidade didática 3***

Para essa unidade, foram destinadas duas aulas de 45 minutos cada, nas quais se trabalhou com lentes. A atividade de ensino dessa unidade didática teve como objetivo entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente e foi elaborada com base nas atividades desenvolvidas por Roberto (2009).

Para a realização da atividade intitulada “Lentes” (Apêndice I), os alunos inicialmente receberam um conjunto de quatro lentes de formatos diferentes e uma ponteira laser conforme a Figura 2. Manuseando o kit recebido, os alunos deveriam responder os questionamentos da atividade como, agrupar as lentes por características visuais, submeter as lentes à luz advinda da ponteira laser e analisar o que aconteciam com os feixes e, por fim, classificar as lentes em convergentes e divergentes.

**Figura 3- Conjunto de lentes e lasers**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Além do trabalho direto com os conjuntos de lentes da Figura 3, os alunos também tiveram que relacionar o uso das lentes na câmara escura. A eles foram entregues câmaras escuras com lentes e sem lentes, e eles deveriam elaborar respostas que explicassem o fato da imagem formada na câmara escura possuir maior nitidez com o uso das lentes.

#### **2.4.4 Apresentação da unidade didática 4**

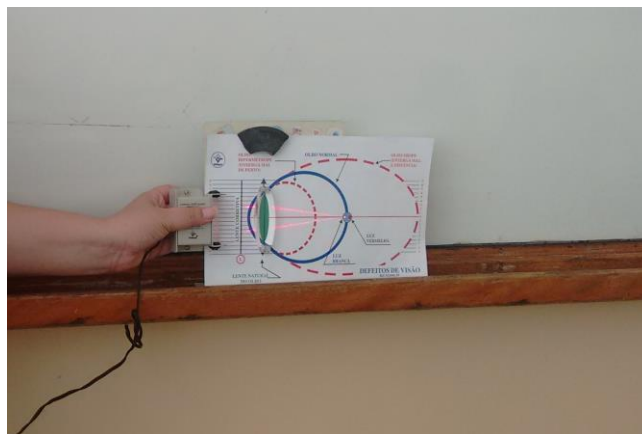
A última unidade didática foi realizada em duas aulas de 45 min cada, e teve como objetivo compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular e avaliar o experimento didático utilizada durante as aulas juntamente com os alunos.

Para a finalização do conteúdo luz e imagem elaborou-se a atividade de ensino seis, intitulada “Olho humano” (Apêndice J). Nessa atividade, os alunos teriam que explicar a formação da imagem no olho humano usando os conceitos apresentados nas unidades didáticas anteriores.

Para o início da aula, a imagem de um olho humano foi projetada na parede. Nesse momento, com o auxílio de slides, a professora apresentou para os alunos alguns nomes e definições que seriam necessários para o desenvolvimento da atividade. Foram conceituados: córnea, íris, pupila, cristalino e retina.

Em seguida, com o auxílio de uma imagem de olho humano impressa e um laser óptico, que podem ser vistos na figura 4, os alunos realizaram as atividades propostas. A primeira tarefa consistia em traçar um caminho para os raios de luz dentro do olho humano, para que um objeto pudesse ser enxergado. Assim, fora solicitado aos alunos que explicassem o processo de visão como um todo.

**Figura 4- Imagem de olho humano e laser utilizado na atividade Olho humano.**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Após a realização da atividade de ensino seis, os alunos participaram, em círculo, de uma atividade lúdica chamada “faça o que eu falo, mas, não faça o que eu faço”: eles deveriam ouvir a fala da professora e fazer os gestos, porém os gestos que a professora fazia nem sempre eram os mesmos que eram falados, e os alunos seguiam sempre os gestos feitos e não os pronunciados. A atividade além de descontrair o grupo também tinha o objetivo de mostrar o quanto o ser humano é visual.

Logo em seguida, os alunos assistiram ao episódio “5 sentidos” da série viagem fantástica<sup>6</sup>. Posteriormente, os alunos apresentaram suas conclusões sobre a atividade 6, falaram sobre a importância da visão e concluíram a aula fazendo uma avaliação da metodologia utilizada com eles durante as últimas dez aulas.

---

<sup>6</sup> Série exibida no ano de 2012 pela TV Globo, no qual o médico e escritor Dráuzio Varella narra o que acontece com os cinco sentidos humanos após o nascimento. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c5ODGzBUMNc&t=35s>

### **3 O EXPERIMENTO DIDÁTICO FORMATIVO: UMA ANÁLISE DOS FATOS**

No capítulo anterior, foram apresentadas as unidades didáticas elaboradas para essa pesquisa e, neste capítulo, será apresentado como se desenvolveu o experimento didático formativo em uma turma de 2ª série de ensino médio de uma escola pública do município de Jataí/Goiás, cujo conceito principal a ser aprendido pelos alunos era o de formação da imagem no olho humano.

Antes de iniciar as análises, é válido lembrar a pergunta que embasa essa pesquisa: como uma sequência de atividades baseada na teoria do ensino desenvolvimental pode contribuir para a formação dos conceitos sobre a propagação da luz e a formação de imagem no olho humano em uma turma de segunda série do ensino médio na disciplina de Física? Em busca dessas contribuições, apresenta-se aqui uma análise de todas as atividades desenvolvidas em um período de onze aulas. Para facilitar as análises e a compreensão do leitor decidiu-se dividir as análises, apresentando cada unidade didática separadamente.

#### **3.1 A tarefa diagnóstica e o conhecimento prévio dos alunos**

Para elaborar as atividades de ensino foi aplicada aos alunos uma tarefa diagnóstica (Apêndice C) composta por treze questões, que envolvia os conceitos de propagação da luz e formação de imagem. O objetivo foi fazer o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e direcionar as atividades que seriam desenvolvidas nos próximos encontros. Borges (2016) destaca a importância de se fazer esse levantamento. Segundo o autor, é essencial para o desenvolvimento das atividades saber quais conceitos, sejam eles do cotidiano ou científico, os alunos têm do assunto a ser trabalhado, isso possibilita ao professor elaborar tarefas que facilitem o desenvolvimento cognitivo do aluno. O autor pontua que, muitas vezes, o aluno tem dificuldade em sair do conceito cotidiano e progredir para o científico e cabe ao professor elaborar tarefas que possibilitem esse avanço.

Para encontrar a melhor maneira na condução das atividades, elaborou-se e aplicou-se a tarefa diagnóstica. Ela foi aplicada aos 36 alunos presentes no dia 16 de novembro de 2016, porém foram analisadas as respostas de dezenove, visto que todas as análises deste trabalho serão feitas pegando como amostra os vinte alunos que participaram dos últimos encontros do experimento. Dos vinte alunos que compõem o universo de análise desta pesquisa, na aplicação da tarefa diagnóstico estavam presentes, dezenove.

Cabe ressaltar que para o direcionamento do experimento didático formativo foram consideradas as respostas de todos os 36 alunos que realizaram a tarefa diagnóstica, pois no início da proposta não era possível prever quantos alunos iriam permanecer até o final da aplicação. Para compor essa seção, os questionários foram novamente analisados e foram selecionadas apenas as respostas dos alunos que participaram de todo o experimento.

Na primeira questão foi realizada a seguinte pergunta: “Um amigo lhe diz, em um tom profundo, que a luz é a única coisa que somos capazes de ver. Seu amigo está correto?”. Nas respostas dos alunos encontramos que: 47,4% dos alunos responderam não concordar com a afirmação; 36,8% concordaram; 15,8% disseram não saber. A afirmação do ponto de vista teórico está correta, pois, tudo o que chega aos olhos são os feixes de luz refletidos pelos objetos, porém é perceptível que uma parcela considerável dos alunos não concordou com a afirmação. Essa questão pode ajudar a entender as respostas dos alunos nas questões dois e três da tarefa diagnóstica.

Na questão dois, os alunos deveriam prever quais astros seriam visíveis da Terra após 24 horas de uma hipotética morte do Sol, cabe ressaltar que a situação apresentada aos alunos é fictícia, pois se o Sol morresse, em pouco menos de dez minutos os efeitos seriam sentidos aqui na Terra, tanto quanto a ausência de luz quanto a de gravidade, a eles eram apresentadas as seguintes alternativas: (a) a lua e as estrelas, (b) somente a lua, (c) somente as estrelas, (d) uma completa escuridão e (e) somente os planetas do sistema solar. 42,1% dos alunos responderam a letra (c), 31,6 % a letra (a) e 26,3% a letra (d). Nesta questão, além do fato da importância da luz para enxergar os objetos também estão envolvidos conceitos como o de corpo luminoso e iluminado. Apesar de os alunos estarem na 2ª série do ensino médio, alguns podem ter indicado a alternativa (a) como respostas por não se atentarem ao fato da Lua ser um corpo iluminado que não tem luz própria. Nesta questão, quase metade dos alunos apresentaram a resposta correta, que em uma completa escuridão apenas as estrelas seriam vistas, pois, dentre as opções oferecidas apenas elas possuem luz própria.

Ainda abordando a importância da luz para a visualização de um objeto, a questão três indagou os alunos sobre o que eles veriam em uma sala totalmente escura. Nas respostas, 47 % dos alunos colocaram que veriam objetos de cor clara ou espelho, o que demonstra que uma parcela dos alunos não compreende a fundamental importância da luz para ver um objeto. Apesar de parecer simples, a situação de completa escuridão é dificilmente vivenciada no dia a dia, na maior parte das vezes há sempre algum tipo de iluminação, seja da iluminação pública entrando por uma fenda na janela do quarto ou a luz do Sol refletida pela Lua. Porém, a situação de falsa escuridão pode dar a impressão de que é possível enxergar alguns objetos

na ausência de luz, talvez essa impressão tenha orientado os alunos na resposta da questão, o que chamamos de conhecimento empírico.

As questões quatro, nove e dez eram parecidas e precisavam do mesmo conceito para serem resolvidas, os alunos tinham que marcar a opção que representava o caminho percorrido pelos raios de luz que possibilitavam enxergar um objeto. Na questão quatro, 60 % dos alunos apontaram o caminho correto, que os raios de luz partem da fonte, incidem sobre o objeto e são refletidos atingindo o olho humano, na questão nove e dez, os índices de acertos foram parecidos, 60% e 57%, respectivamente. As questões revelam que os alunos possuem noção de que para enxergar um objeto, é necessário que a luz seja refletida por esse objeto. Ainda assim, um considerável número de alunos, 40%, marcaram alternativas que não condizem com a explicação científica do fenômeno.

A quinta pergunta mostrava a imagem de uma lanterna com o feixe de luz em formato de curva e perguntava aos alunos se o fenômeno é possível. Nessa questão, 84,2% responderam que não era possível, porém na mesma pergunta eles precisavam justificar suas respostas. Uma parcela de 42 % dos alunos disse não saber justificar ou deixou em branco a justificativa. Os demais apresentaram respostas como:

Isso não é possível de acontecer com a luz. (Aluno 08).

Em minha concepção não, pois, ela não pode ser controlada. (Aluno 14).

Não, porque a luz da lanterna foca para frente e não faz curva. (Aluno 18).

Pois a luz não sofre desvio por si só, e não sofre desvio pela gravidade. (Aluno 11.)

Apesar da maior parte dos alunos terem respondido que não era possível acontecer o que estava na imagem da questão, as justificativas indicam que eles não compreendem o fenômeno do ponto de vista científico. Analisando suas respostas, é possível notar que são breves e que os alunos utilizam em suas justificativas informações de suas experiências cotidianas. O aluno 11 fala em gravidade que é um conceito científico, porém sua justificativa é breve e não explica o fenômeno.

O aluno 18 indicou que a luz não faz curvas, outros alunos também justificaram com ideias parecidas, 33 % usaram o termo “não faz curva” ou “em linha reta” para justificar a questão, o que se aproxima da explicação científica para o fenômeno, já que segundo o primeiro princípio da óptica geométrica: “em um meio homogêneo a luz se propaga em linha reta”.

As questões seis e sete falavam sobre os eclipses: a seis perguntava por que acontecem os eclipses e a sete pedia aos alunos que fizessem um desenho representando os eclipses solar



e lunar. Dos 19 alunos analisados, 3 responderam à questão dizendo que os astros se alinham e por esse motivo acontecem os eclipses, os demais apresentaram outras justificativas.

Porque a Lua se movimenta e para na frente do Sol. (Aluno 07).

Porque a Terra e a Lua estão em constante movimento. (Aluno 16).

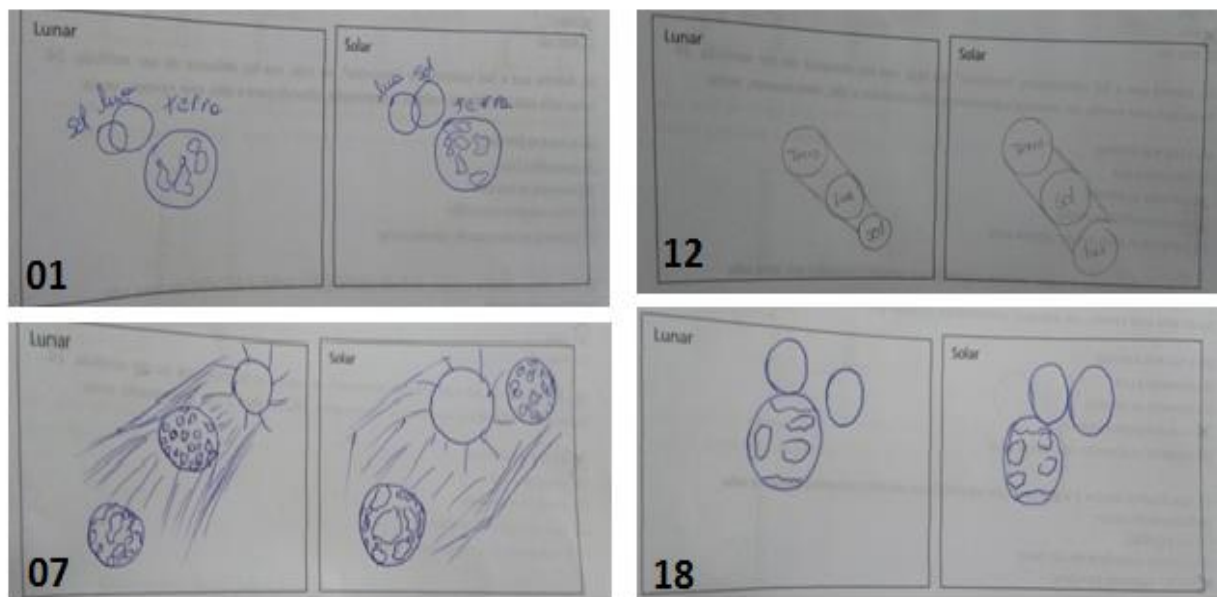
Porque o Sol e a Lua se encontram. (Aluno 05).

É quando a Lua esta próxima ao Sol e a luz solar reflete na Lua. (Aluno 15).

Nesta questão, os alunos apresentaram alguns erros conceituais, eles não conseguiram associar os eclipses à sombra projetada pelos astros durante o fenômeno de alinhamento. As respostas dos alunos foram baseadas nas experiências cotidianas e não possuem embasamento em conceitos científicos.

A questão sete também apresenta alguns erros: 12 alunos não conseguiram fazer a representação correta da posição dos astros durante o eclipse lunar e solar. Os alunos confundiram solar com lunar e fizeram representações que não são possíveis de acontecer. Na Figura 5 estão representados alguns dos desenhos, na respectiva ordem que aparecem no título da figura.

**Figura 5- Representação dos eclipses feita pelos alunos 01, 07, 12 e 18.**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Nas representações da Figura 5, é possível enumerar alguns erros – na representação do eclipse solar feita pelos alunos 01, 07 e 12 eles posicionam a Lua atrás do Sol, fato que não é possível de acontecer, pois a Lua tem sua órbita em volta da Terra e jamais ficará entre a Terra e o Sol. As imagens feitas pelos alunos 01 e 18 também representam os astros de forma

inadequada, para que os eclipses aconteçam é necessário que os astros estejam alinhados para que a sombra de um encubra o outro, na configuração dos alunos os astros não estão alinhados. Percebe-se a confusão entre o eclipse solar, quando há uma projeção da sombra da Lua sobre a Terra, existe um alinhamento entre o Sol, a Lua e a Terra, e o eclipse lunar, quando há uma projeção da sombra da Terra na Lua, existe um alinhamento entre o Sol, a Terra e a Lua.

Ao analisar os desenhos feitos pelos alunos 01, 07 e 12, é possível notar a confusão: no local designado para o eclipse solar, o astro encoberto foi a Lua, indicando que os alunos não têm o conceito de eclipse definido.

A análise dos conhecimentos prévios dos alunos evidenciou que apesar de apresentarem algumas respostas corretas, o conhecimento deles é baseado no cotidiano, conhecimento empírico. Esta conclusão evidencia a falta de um aprendizado dos conceitos relacionados aos fenômenos físicos, conhecimento abstrato.

Na análise dos conhecimentos prévios foi possível constatar que os alunos apresentavam diversos níveis, alguns alunos apresentam conhecimentos apenas baseados no cotidiano enquanto outros estão muito mais próximos do conhecimento científico. Libâneo e Freitas (2015) destacam que, assim como para Vygotsky, Davydov também afirmava que um aspecto essencial da aprendizagem está nas relações e colaborações entre o aluno e os que o rodeiam. Dessa maneira, ter alunos em diferentes níveis conceituais é uma condição favorável para o desenvolvimento dos alunos, já que é na interação com o outro que se aprende.

Na análise dos diálogos foi possível perceber a importância da interação entre os alunos com diferentes níveis de conhecimento. Os alunos que estavam em um nível mais avançado ajudavam os outros alunos do grupo, e os alunos em níveis menos avançados faziam perguntas que auxiliavam todos os alunos a pensarem mais sobre o assunto e avançarem nos níveis de conhecimento teórico.

### **3.2 Análise da primeira unidade didática**

A unidade didática 1 tem como conceito chave a propagação retilínea da luz, essa unidade foi desenvolvida em dois encontros, totalizando quatro aulas de 45 minutos. Nelas foram trabalhados o texto “Visão: das trevas a óptica geométrica” e as atividades de ensino um e dois (Apêndices, D, E e F).

A primeira aula teve duração de 45 minutos, contou com a presença de 36 dos 37 alunos matriculados na turma e teve um caráter explicativo, pois nela os alunos foram

esclarecidos sobre as condições de participação na pesquisa, assim como foi apresentada a metodologia que seria utilizada nas aulas.

Ainda no primeiro encontro foi explicado para os alunos que todas as atividades desenvolvidas na pesquisa seriam realizadas em grupos, abordagem fundamental para a teoria do ensino desenvolvimental.

[...] o aspecto essencial do aprendizado é que ele faz surgir, estimula e ativa na criança processos internos de desenvolvimento. Condição indispensável para esses processos são as relações e colaborações entre a criança e os que a rodeiam, que se prolongam no curso do desenvolvimento e convertem-se em aquisições internas da própria criança. (LIBÂNEO; FREITAS, 2015, p. 337).

Por acreditar que essa interação possibilita a aprendizagem é que foram separados os 36 alunos em seis grupos com cinco integrantes e um grupo com seis integrantes. Essa separação foi feita pelos próprios alunos e sofreu algumas alterações com o decorrer das aulas, pois, o número de alunos que participaram até o final do experimento didático diminuiu, assim dois grupos foram redistribuídos entre os demais.

As outras três aulas dessa unidade didática foram realizadas no dia 18 de novembro de 2016, foram utilizadas as duas aulas da disciplina de Física e mais uma aula cedida por outro professor. Nesse encontro, foram desenvolvidas as atividades de ensino 1 e 2 (Quadro 1 – encontro 3 e 4), que serão analisadas em seguida.

O segundo encontro se iniciou às 10 horas da manhã, com 35 alunos presentes. Inicialmente, os alunos sentaram em círculo para fazer a leitura coletiva do texto adaptado pela professora e intitulado “Visão: das trevas a óptica geométrica”, a leitura foi realizada pelos alunos em voz alta. O objetivo do texto era mostrar aos alunos a necessidade histórica do surgimento do conceito de propagação da luz e visão, como eram explicados esses fatos há muitos anos e até mesmo as explicações mitológicas e religiosas para o surgimento da luz.

Segundo Davydov (1988), os conceitos são construções históricas desenvolvidos em respostas às necessidades sociais. Para ele, é essencial que uma tarefa de estudo proporcione ao aluno ter contato com essa construção social do conceito. Ao trabalhar com os alunos o texto “Visão: das trevas a óptica geométrica” a intenção foi colocá-los em contato com a necessidade do surgimento do conceito de visão. A proposta da teoria desenvolvimental é que o professor coloque os alunos diante de situações que os permitam vivenciar a necessidade do surgimento de um conceito, dessa forma, optou-se por elaborar um texto que ajudasse os alunos a entenderem as indagações que permeavam a humanidade sobre o processo da visão.

Com o término da leitura, algumas questões do texto foram retomadas pela professora em forma de perguntas. A finalidade era fazer com que os alunos refletissem sobre o que foi tratado no texto e aguçar a curiosidade desses estudantes em descobrir a explicação científica para a pergunta: como enxergamos?

**Professora:** pessoal, qual é o objetivo do texto então?... É despertar a nossa curiosidade, não é trazer respostas. Como vocês viram, o texto vai lançando uma série de perguntas e, no final dessa sequência de atividades, nós vamos poder entender como é possível enxergarmos um objeto, esse é o conceito que eu quero que vocês entendam. Todas as nossas aulas serão voltadas para que vocês entendam o processo de enxergar, a visão. Então vamos começar com alguns questionamentos. Como vocês acham que a gente enxerga? Qual é o caminho que a luz percorre, a luz sai do nosso olho e vai para o objeto ou sai do objeto e chega no nosso olho? Alguém se arriscaria dizer?

**Aluno 17:** eu penso. Eu não sei, mas sempre achei que fosse o contrário, da fonte para o observador e do observador para o objeto.

**Aluno 19:** eu acho que é assim também, da fonte para os olhos e depois para o objeto.

**Aluno 20:** no caso, a luz parte do objeto, que emite a luz, bate no objeto, o objeto vai absorver certa quantidade de luz e a quantidade que ele não absorveu ele vai refletir, aí volta para o observador, aí o observador consegue ver.

**Professora:** então, a luz sai dos nossos olhos para o objeto ou vem do objeto para os nossos olhos?

**Alunos:** vem do objeto!

**Professora:** o que é necessário para a gente enxergar um objeto?

**Alunos:** luz!

**Professora:** então, se eu tiver uma sala totalmente escura, eu não consigo ver nada?

**Alunos:** depende.

**Professora:** vamos imaginar que estamos em uma sala totalmente escura, o que conseguiríamos enxergar?

**Alunos:** depende do objeto, alguns iríamos conseguir enxergar.

O debate aconteceu de forma tímida, poucos alunos comentaram as perguntas e foi necessária a intervenção da professora em alguns momentos, reforçando as perguntas para estimular a fala dos alunos. Mesmo com as poucas respostas, é possível observar a pluralidade de ideias entre os alunos, enquanto uns apresentaram explicações bem próximas das científicas, outros já se identificaram com as explicações próximas às abordadas no texto, como a dos raios visuais de Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.), o qual considera que os olhos emitiam raios que ao atingirem o objeto possibilita enxergá-lo, a concepção do aluno 17 se parece um pouco com essa explicação.

O primeiro debate foi importante, pois a partir dele os alunos começaram a questionar como era possível enxergar um objeto, qual era o caminho percorrido pela luz para que isso acontecesse. No momento do debate, muitos alunos não manifestavam sua opinião em voz

alta, mas era possível observar que eles conversavam entre si sobre o assunto e um tentava explicar para o outro o seu ponto de vista.

Outro fator interessante que pode ser destacado a partir do primeiro debate é a questão do imediatismo, após o término do debate os alunos ficaram esperando por uma resposta da professora.

**Aluno 11:** professora, mas qual é a explicação correta?

**Aluno 17:** a luz vai dos olhos para o objeto ou ao contrário?

**Professora:** nós vamos descobrir isso!

**Aluno 17:** ah não... eu queria saber.

Na fala dos alunos, fica evidente que eles esperam respostas do professor, o que é comum em um ensino transmissivo, no qual o professor geralmente aponta as respostas para as situações apresentadas pelos alunos. Davydov criticava essa forma de ensino, dizendo que um ensino transmissivo não prepara o aluno para lidar com as situações da vida prática, tentando superar essa forma de ensino, ele iniciou suas pesquisas.

As pesquisas de Davydov tiveram origem na análise crítica da organização do ensino assentada na concepção tradicional de aprendizagem, que leva à formação do pensamento empírico, descritivo e classificatório. Segundo ele, conhecimento que se adquire por métodos transmissivos e de memorização não se converte em ferramenta para lidar com a diversidade de fenômenos e situações que ocorrem na vida prática. Um ensino mais vivo e eficaz para a formação da personalidade deve basear-se no desenvolvimento do pensamento teórico. Trata-se de um processo pelo qual se revela a essência e o desenvolvimento dos objetos de conhecimento e, com isso, a aquisição de métodos e estratégias cognitivas gerais de cada ciência, em função de analisar e resolver problemas e situações concretas da vida prática. O pensamento teórico se forma pelo domínio dos procedimentos lógicos do pensamento, que, pelo seu caráter generalizador, permite sua aplicação em vários âmbitos da aprendizagem. (LIBÂNEO, 2004, p. 16).

Na tentativa de tornar os alunos mais ativos no processo de ensino e colocá-los em busca do pensamento teórico, durante toda a aplicação da sequência de atividades procurou-se não dar respostas, mas, oferecer meios de investigar o problema proposto e por meio de debates, formular explicações para os questionamentos. Inicialmente, foi nítido o desconforto dos alunos, eles questionavam a professora o tempo todo e ficavam até nervosos por não obter a resposta esperada. Esse desconforto já era esperado, pois os alunos vêm de um sistema de ensino baseado na transmissão de conhecimento e as próprias aulas de Física da professora pesquisadora não tinham esse caráter de pesquisa e debate. Nelas, a dinâmica muitas vezes era

de a professora explicar o conceito, resolver um exemplo e depois passar uma lista de exercícios para os alunos.

Para retomar a última pergunta do debate, em que os alunos deveriam responder o que seria possível enxergar em uma sala totalmente escura, passou-se para a primeira atividade de ensino denominada “sala do nada” (Apêndice E). Os alunos receberam uma folha com três perguntas e algumas orientações de como seria realizada a atividade.

A primeira atividade prática aconteceu na sala de vídeo da escola, ela poderia ter sido realizada em qualquer ambiente que fosse possível isolar todas as entradas de luz. Essa sala foi escolhida por facilitar o impedimento das entradas de luz, já que possui apenas uma janela e a porta, na janela e frestas da porta foram usados papel cartão preto e tecido TNT<sup>7</sup> preto para se evitar qualquer luz no ambiente.

A atividade foi dividida em dois momentos, antes e depois das luzes se apagarem. Na primeira parte, os alunos observariam os objetos dispostos sobre uma mesa (cadeira branca, espelho, fita isolante, fita crepe, controle remoto, lanterna apagada, garrafa de água cor de rosa, pilha, grampeador e o quadro branco que estava detrás de mesa também estava sendo analisado). Conforme a figura 6, debateriam com o seu grupo e relacionariam, na folha de atividade entregue para eles, quais objetos poderiam ser vistos com as luzes apagadas. No segundo momento, as luzes seriam apagadas e eles verificariam as hipóteses que levantaram.

**Figura 6- Sala preparada para a realização da atividade de ensino “Sala do nada”**



Fonte: arquivo pessoal da autora

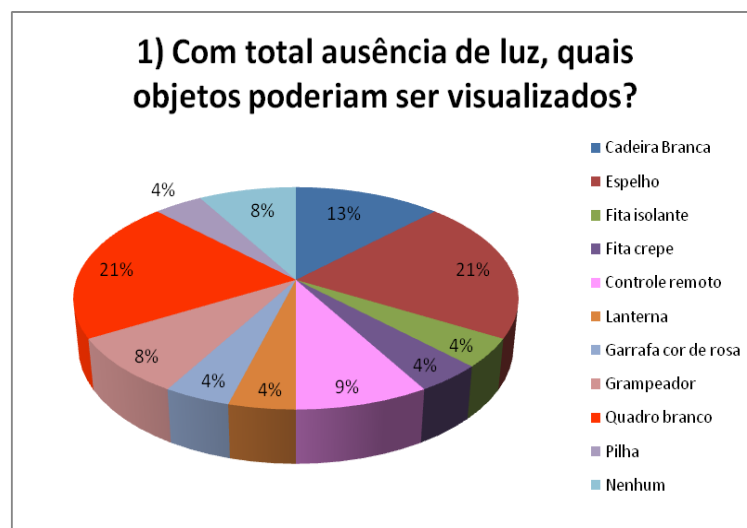
No primeiro momento da atividade, buscou-se desenvolver a primeira ação de aprendizagem proposta por Davydov (1988), transformação dos dados da tarefa a fim de

<sup>7</sup> Tecido não Tecido (TNT) é um tipo de material produzido a partir de fibras naturais de algodão e lã, é classificado como um não tecido por não passar pelos processos têxteis como fiação, tecelagem e malharia.

revelar a relação universal do objeto estudado. Borges (2016, p. 59) sintetiza a primeira ação pontuando que “o professor deve propor uma ou mais atividades que coloque os alunos em situações que solicitam lançar mão do conceito a ser estudado pela turma para que se consiga resolver a questão”. Neste caso, os alunos precisavam identificar a importância da luz para enxergar um objeto.

Apesar dos alunos terem afirmado, no momento da leitura do texto, que seria necessária a luz para enxergar, eles se contradisseram no momento de listar quais objetos poderiam ser vistos em uma sala escura e justificam a escolha desses objetos, nas transcrições, usando a cor como argumento. Os objetos indicados como visíveis, na sala escura encontram-se discriminados no gráfico 1.

**Gráfico 1- Objetos que poderiam ser visualizados no escuro, segundo a concepção dos alunos**



Fonte: elaborado pela autora

Após todos os grupos terem conversado e escrito a previsão, foi feito um momento de socialização das ideias antes de apagar a luz. Cada grupo elegeu um integrante para falar sobre as conclusões que chegaram durante o debate, essa primeira parte durou cerca de quinze minutos.

**Professora:** primeiro grupo, o que vocês acham que vão conseguir ver?

**Grupo 1:** a cadeira, o espelho, o quadro, o controle e o grampeador.

**Professora:** por que vocês acham que vão conseguir enxergar esses objetos?

**Aluno 19:** porque eles são claros, eles são brancos e o branco são todas as cores juntas, não é?

Os grupos continuaram relatando o que iriam enxergar e as explicações que se seguiram parecem muito com as citadas anteriormente, sempre apresentando a ideia de que cores claras podem ser visualizadas no escuro. Essas formulações não são particularidades dos alunos em questão, segundo Gicoreano e Pacca (2001, p. 28), é comum o pensamento de que “a visão não depende da existência de luz; objetos com cores claras podem ser vistos independentemente de haver luz no ambiente; cores claras prevalecem sobre as escuras” (p.28). Os autores afirmam que essas concepções espontâneas podem ser superadas quando são oferecidas oportunidades de confrontarem suas ideias com situações práticas aos estudantes, como a que foi feita em questão, colocando os alunos para vivenciarem a situação na prática.

Analisando a resposta dada pelos alunos à primeira pergunta da atividade “Sala do nada”, pode-se notar que eles acreditam que, mesmo em uma completa escuridão, os objetos claros poderiam ser vistos. Analisando as falas durante as perguntas sobre o texto introdutório, quando foi perguntado o que era necessário para enxergar um objeto, os alunos responderam luz, porém na atividade em seguida disseram que o que se poderia enxergar em uma sala totalmente escura dependeria do objeto. Isso fica claro nas respostas que os grupos deram para a primeira pergunta da atividade de ensino, que estão representadas no gráfico 1, apenas um grupo relatou que não veria nenhum objeto, os demais dos grupos analisados listou um ou mais objetos que poderiam ser vistos com as luzes apagadas.

Nesse momento, é possível identificar a criação de um modelo: a segunda ação de aprendizagem proposta por Davydov (1988). Os alunos criam um modelo para explicar quais objetos poderiam ser visualizados no ambiente escuro. O modelo relacionou a cor dos objetos a visão no escuro, segundo eles, todos os objetos que fossem de cor clara poderiam ser visualizados quando as luzes se apagassem.

Após fazerem a previsão, partiu-se para o segundo momento da atividade que consistia em desligar a luz, para que os alunos pudessem testar se o que eles previram realmente aconteceria. Cabe ressaltar que eles estavam bem empolgados com a atividade, uns dizendo que não veriam nada, outros afirmando que veriam os objetos de cor branca e ansiosos para que as luzes se apagassem.

Quando as luzes se apagaram, houve um barulho intenso e foi possível notar a empolgação dos alunos. Eles fizeram vários comentários, alguns alunos afirmavam estarem vendo o quadro, enquanto a maioria dizia não ver nada. Após acender a luz, os alunos solicitaram que a luz fosse apagada novamente por mais duas vezes e, depois, eles se



reuniram nos grupos para conversarem e responderem as questões 2 e 3 da atividade “Sala do nada”.

A questão 2 perguntava aos alunos quais objetos eles haviam conseguido visualizar com a luz apagada, os grupos foram unânimes em dizer que não conseguiram visualizar nenhum objeto e justificaram isso na pergunta três, as justificativas estão descritas abaixo.

A luz é importante, pois ela bate no objeto e reflete nos nossos olhos assim permitindo, que possamos enxergar os objetos. (Resposta do grupo 1).

Para a visualização dos objetos a luz é de grande importância, pois, sem ela é impossível que visualizemos tais coisas. (Resposta grupo 2).

A luz é a peça-chave para a visão, sem nenhuma luz, nada será refletido, então não será enxergado. (Respostas do grupo 2).

Não veremos nenhum objeto, porque não tem uma fonte de luz e nenhum objeto emite alguma luz (eles não têm luz própria) e sem a luz não dá para visualizar nada. (Resposta grupo 4).

A luz é fundamental, pois, só através dela conseguimos visualizar qualquer tipo de objeto seja grande ou pequeno, claro ou escuro. (Resposta grupo 5).

Nas respostas dos grupos é possível notar que o modelo que foi elaborado para dizer quais objetos seriam possíveis de enxergar em uma sala escura não foi bem-sucedido e a explicação de que as cores dos objetos era fator determinante para enxergar não satisfaz a situação apresentada. Assim, os alunos tiveram que elaborar outro modelo. Com base na experiência, os alunos conseguiram compreender a importância da luz para a visualização dos objetos e já começaram a manifestar o conceito de reflexão que é muito importante para entender como é possível enxergar qualquer tipo de material.

Outro fator interessante a ser ressaltado sobre as respostas da atividade de ensino 1, foram os debates entre os grupos para chegarem as conclusões relatadas acima. Abaixo se descreve parte de um dos debates, no qual alunos conversam entre si para chegarem a uma conclusão sobre a importância da luz para a visão.

**Aluno 19:** a gente colocou que veríamos os objetos claros que foram: a cadeira, o quadro, o espelho, grampeador e o controle, esses objetos. Aí, a gente colocou a explicação, porque eles são claros, brancos, e a luz branca reflete todas as cores. Aí, após apagar a luz a gente percebeu que sem a luz a gente não vê nenhum objeto.

**Aluno 01:** a gente concluiu que a gente não vê nada.

**Aluno 19:** então vamos colocar assim: não conseguimos observar nada devido à ausência total de luz, então a gente pode concluir que a luz vem da fonte e bate no objeto e entra nos nossos olhos.

**Aluno 01:** então a luz é fundamental, ela tem que sair de uma fonte até chegar aos nossos olhos.

O que chama atenção é que por meio da atividade “Sala do nada”, os alunos conseguiram explicar as perguntas feitas no início do debate do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica”. Retomando as perguntas: Como vocês acham que a gente enxerga? Qual é o caminho que luz percorre, a luz sai do nosso olho e vai para o objeto ou sai do objeto e chega ao nosso olho? No diálogo narrado, é possível observar na fala dos dois alunos que, mesmo sem serem perguntados diretamente sobre as questões do texto, eles conseguiram retomar a questão do caminho da luz para a visualização de um objeto. Na última fala do Aluno 01, ele afirma que a luz precisa sair de uma fonte para chegar ao olho, o que retoma o debate feito após a leitura do texto, no qual alguns alunos afirmaram que a luz batia nos olhos e depois atingia o objeto.

É interessante ressaltar que o aluno 19 havia relatado durante o debate do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica” que acreditava que a luz partia de uma fonte para os nossos olhos e dos olhos iria para o objeto e, já na atividade realizada, ele conseguiu ordenar corretamente dizendo que a luz parte de uma fonte, bate no objeto e só depois vai para os nossos olhos.

O objetivo da atividade “Sala do nada” – que era investigar a importância da luz para enxergar um objeto – foi alcançado. Por meio dessa atividade, os alunos concluíram que a luz é indispensável para enxergar os objetos mesmo que eles tenham cor clara, e ainda puderam refletir sobre algumas questões que foram abordadas no texto introdutório dessa sequência de atividades. Outro fator relevante da aplicação da atividade, foi aproximar os alunos de uma situação que é pouco vivida no cotidiano, apesar de todas as noites serem escuras, os alunos pouco vivenciam momentos em que há total ausência de luz e, por ficarem sempre expostos a uma falsa escuridão, surge a ideia de que se enxerga no escuro. Os relatos permitiram identificar que o desenvolvimento da atividade favoreceu o pensamento teórico dos alunos sobre o conceito nuclear de que a luz precisa ser refletida pelo objeto para que possa ser enxergado. Outro fator que se pode observar nessa atividade é a questão dos motivos para realizar uma atividade, para o ensino desenvolvimental o motivo é fator indispensável para envolver o aluno na atividade e para a formação do pensamento teórico.

Ao aproximar o objeto de conhecimento ensinado à experiência sociocultural dos alunos há a intenção de despertar os desejos e os motivos dos alunos para aprender. Davydov (1988a) defende que os desejos levam a necessidades e estas levam aos motivos, chegando-se aos objetivos, sendo que uma pessoa envolve com algo quando há motivos internos que a levam a interessar por aquilo. (BORGES, 2016, p. 85).

Foi possível observar que a atividade teve um caráter instigador, os alunos ficaram bastante empolgados com a proposta e era bem visível a vontade de realizar a tarefa e descobrir o que se enxergariam em uma sala totalmente escura, pois como relatado anteriormente, a ideia de escuro que é vivenciada no cotidiano não propicia aos alunos a experiência que tiveram durante a atividade. A postura dos alunos e a ansiedade em realizarem a atividade são indicativos de que os motivos dos alunos podem ter sido despertados.

A última atividade da unidade didática 1 também foi executada no dia 18 de novembro de 2016. Essa atividade foi realizada em sala de aula e com a mesma separação de grupos da atividade anterior. Os alunos receberam uma folha com o título: Atividade de ensino 2 “Luz e sombras” (Apêndice F), cujo objetivo principal era fazer com que os alunos chegassem ao conceito de propagação retilínea da luz.

Além da folha com as orientações, os alunos também receberam: três cartões com um furo circular no meio, lâmpadas de lanterna, prendedores de roupa, pilhas e folha branca, que foram mostrados anteriormente na figura 1. Essa atividade foi dividida em três etapas e a finalidade era fazer com que os alunos identificassem o conceito nuclear dessa unidade didática, que a luz se propaga em linha reta. Em cada etapa era apresentado aos alunos uma situação na qual ele precisaria prever o que aconteceria e depois testar a sua hipótese.

Nessa atividade, foi previsto o desenvolvimento de quatro das seis ações de aprendizagem propostas por Davydov (1988). A primeira foi a criação e desenvolvimento do problema, realizados pela professora pesquisadora quando propôs a atividade sobre luz e sombras; a segunda, foi à criação de modelos que deveriam ser realizados pelos alunos para explicar os experimentos; a terceira, a modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura e a quarta, aplicação do modelo em casos particulares.

Na primeira situação apresentada, os alunos deveriam usar uma lâmpada, uma máscara de papel cartão e um anteparo branco para explicar o que veriam no anteparo quando a lâmpada fosse acesa. Os cinco grupos foram unânimes em dizer que se formariam um círculo no anteparo, alguns grupos disseram que o círculo de luz formado no anteparo teria diâmetro maior que o círculo da máscara de papel, e outros disseram que ambos os círculos teriam o mesmo tamanho.

Em seguida, os grupos foram orientados a executar o experimento e, inicialmente houve algumas confusões quanto à distância e como a lâmpada seria colocada. Alguns grupos acharam que a lâmpada deveria ficar dentro do buraco da máscara, sendo necessária a intervenção da professora para explicar que a distância entre a lâmpada e a máscara com

orifício deveria ser de aproximadamente dez centímetros. Essas orientações estavam escritas na atividade de ensino, porém alguns grupos não entenderam, uma possível explicação para isso pode ser a falta de conhecimento dos termos usados na tarefa, máscara e anteparo. A professora precisou esclarecer qual dos itens entregues aos alunos era a máscara e qual era o anteparo para facilitar a execução da atividade. Em seguida, os grupos executaram o experimento no qual a montagem pode ser vista da figura 7.

**Figura 7 - primeira montagem do experimento luz e sombras**



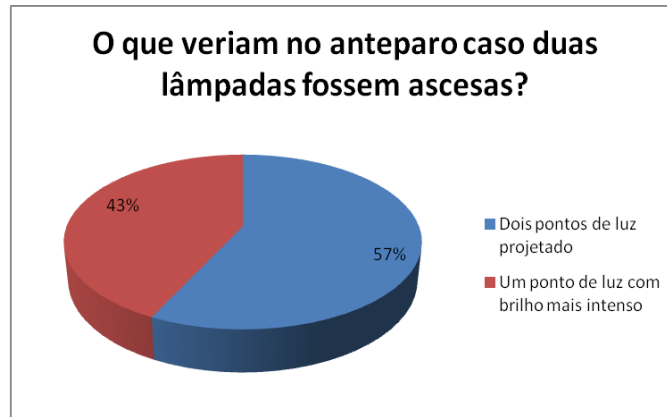
Fonte: arquivo pessoal da autora

Nessa primeira etapa, os grupos concluíram que quando a lâmpada ascendia se formava no anteparo uma circunferência de tamanho maior que o furo da máscara circular, alguns grupos também relataram que era possível variar o tamanho do círculo projetado mudando a distância da fonte de luz. “Percebemos que quanto maior a distância da luz ao que vai ser refletido menor o objeto que reflete e quanto menor a distância maior o objeto.” (Relato do grupo 1).

As conclusões dos grupos foram corretas, quanto mais perto à fonte de luz está do cartão com furo, maior é o tamanho do círculo de luz formado no anteparo, isso acontece por conta da propagação retilínea da luz: quanto mais perto a fonte de luz está do orifício maior o ângulo do cone de luz que atravessa o orifício e mais raios de luz são transmitidos até o anteparo.

Mantendo a mesma montagem da máscara com orifício e anteparo branco, os alunos foram perguntados sobre o que veriam na tela branca caso duas lâmpadas fosse acessas diante do orifício (atividade 2 do Apêndice F). Apesar de responderem uma questão aberta, a respostas dos grupos variaram entre duas previsões, os resultados são apresentados no gráfico 2.

**Gráfico 2- Previsão do que aconteceria no anteparo caso duas lâmpadas fossem acesas**



Fonte: elaborado pela autora

Um pouco mais que a metade dos grupos apresentou a concepção correta: ao ligar duas lâmpadas em frente à máscara com orifício, apareceriam dois pontos de luz no anteparo. Para fazer a previsão dessa atividade, o debate entre os integrantes dos grupos foi intenso, pois uns acreditavam que veriam dois pontos luminosos, outros que seria somente um com maior intensidade. Como na atividade de ensino exigia que somente poderia ser apresentada uma hipótese, os integrantes do grupo tiveram que entrar em consenso para responder a questão, isso fica claro quando se analisa os debates.

**Professora:** com uma lâmpada formou um ponto luminoso no anteparo, mas se ligarmos duas lâmpadas, o que irá acontecer? Primeiramente, é para imaginar e relatar e depois realizar o experimento. A configuração do experimento será a mesma que vocês acabaram de fazer, a máscara com furo no meio e o anteparo, a única diferença é que agora irão acender duas lâmpadas.

**Aluno 11:** acho que não vai ter intervenção entre uma luz e a outra, ou vai?

**Professora:** pensa um pouquinho e conversa com os colegas.

**Aluno 19:** então vamos colocar o que na previsão?

**Aluno11:** que não vai ter intervenção, vai ter duas sombras.

**Aluno 19:** é! Porque vai ter duas luzes.

**Aluno 11:** mas, como vai estar essa lâmpada? Uma em cima e outra em baixo?

**Aluno 07:** mas as duas não estão na mesma altura, se elas estivessem na mesma altura ia ficar duas sombras, então vai ser uma sombra só.

Outro grupo também debate a questão das duas lâmpadas.

**Aluno 17:** professora a gente não sabe o que vai acontecer quando acender duas lâmpadas.

**Professora:** pensa um pouquinho, o que acham que aconteceria com o ponto luminoso quando as duas lâmpadas estiverem acesas.

**Aluno 08:** acho que vai aparecer dois pontos luminosos

**Aluno 17:** não, vai aparecer só uma, mas com maior intensidade.

**Aluno 18:** ajuda a gente professora

**Professora:** vocês é que precisam entrar em um consenso, se é só uma ou duas, conversem e cheguem a uma conclusão.

Os debates entre os integrantes do grupo são fundamentais. Segundo Freitas e Rosa (2015), primeiramente os indivíduos aprendem e interiorizam os conceitos no plano social, é no contato e conversa com o outro que o desenvolvimento mental é possível. Dessa forma, os debates propiciam ao aluno um momento ímpar para o seu desenvolvimento e aprimoramento pessoal.

Cabe destacar uma confusão que os alunos apresentaram no momento do debate, ao responderem o que se formaria no anteparo quando duas lâmpadas fossem acesas, alguns alunos usaram a palavra sombra para se referir aos pontos de luz projetados no anteparo, alunos 11 e 07 – essa troca de palavras pode estar ligada ao título da atividade, Luz e sombras. Apesar de usarem a palavra sombra, na observação e análise dos diálogos foi possível notar que os alunos estavam se referindo aos pontos luminosos, apenas trocaram as palavras.

Outro aspecto fundamental que pode ser percebido analisando as falas dos alunos é a vontade de solucionar os problemas propostos. Os alunos, a todo o momento, perguntam, expressam vontade de mostrar seu posicionamento aos colegas e à professora. Durante a realização das atividades, em vários momentos, a professora precisou conter a turma, pois eles queriam realizar o experimento antes do tempo, perguntavam o tempo todo sobre qual seria a explicação correta sobre o fenômeno.

Esse aspecto do interesse é abordado por Davydov em sua teoria. Para ele, um dos aspectos essenciais do ensino desenvolvimental está no desejo e nos motivos de aprender determinado conteúdo.

O desejo de aprender determinado conteúdo está intimamente ligado à motivação para a realização da tarefa, que é de certa forma, o elo social que o professor propõe para criar na criança o desejo de participar daquela atividade, de responder às perguntas do professor, de dizer aos outros o que já sabe, enfim, de aprender. (FREITAS; ROSA, 2015, p. 11).

Afirmar que a atividade de ensino proposta despertou o desejo dos alunos é um tanto quanto desafiador, mas existem indícios de que os alunos estavam empenhados na realização das atividades. As tarefas propostas eram realizadas com empolgação, quando a professora fazia alguma pergunta vários alunos se manifestavam querendo expor sua resposta, os debates nos grupos eram bem intensos e com vários alunos participando e emitindo sua opinião. Muitos alunos chamavam a professora para perguntar sobre o experimento que estavam desenvolvendo. Em muitos momentos eles esperavam por respostas, o que é uma

característica do ensino que recebem, no qual as respostas são dadas pelo professor sem que os alunos precisem fazer muito esforço para isso, porém nesse ato de chamar o professor era perceptível a vontade de entender determinado fenômeno e conseguir explicar o que estava acontecendo diante dos olhos deles. Há evidências desse desejo em entender o fenômeno no trecho transcrito abaixo, no qual os alunos realizaram o experimento das duas lâmpadas, mostrado na Figura 8, e tentaram explicar porque há a formação de dois pontos luminosos no anteparo.

**Aluno 08:** aparecem duas, mas uma parece maior que a outra. A que está mais perto parece maior

**Aluno 15:** é porque ela está mais próxima do anteparo.

**Aluno 04:** a professora quer enganar a gente. Coloca duas lâmpadas aparecem dois pontos de luz, mas, quando coloca três cartões não aparecem três pontos de luz.

**Professora:** por que vocês acham que isso acontece?

**Aluno 13:** por causa das lâmpadas.

**Professora:** Mas, por que quando põem uma lâmpada forma um ponto de luz e quando põem duas formam dois pontos de luz e não um único ponto com luz mais intensa?

**Figura 8- Atividade de luz e sombras com duas lâmpadas**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Durante o diálogo com os alunos, é possível notar que eles começam a apontar explicações corretas para os fenômenos apresentados, eles conseguem associar o fato da formação dos pontos luminosos ao número de fontes de luz. Os alunos apresentam indícios de que aprenderam o conceito, o pensamento teórico é desenvolvido pela formação de conceitos, assim, ele se aprimora quando o aluno domina os procedimentos lógicos de um determinado conteúdo, o que também foi apontado por Marengão (2001). Nas respostas na folha de atividade também aparecem esses indícios, “apareceu dois pontos de luz, pois, cada lâmpada

emite focos de diferentes direções. ” (Resposta do grupo 2). A última etapa da atividade luz e sombras foi realizada utilizando três máscaras com um furo circular no meio, uma lâmpada e um anteparo de cor branca. Para a montagem, foi proposto aos alunos que enfileirassem os três cartões de modo que os orifícios ficassem alinhados, assim como mostra a Figura 9.

**Figura 9- Disposições dos cartões na 3ª etapa da atividade**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Inicialmente, os alunos deveriam responder ao item (a) da tarefa de ensino, que perguntava o que seria possível ver no anteparo de cor clara quando a lâmpada fosse acesa e alinhada aos três orifícios. Vale ressaltar que os alunos responderam a essa pergunta antes de executar o experimento. Todos os cinco grupos responderam que seria possível ver um ponto luminoso no anteparo, porém dois grupos afirmaram que o ponto de luz projetado seria menor que a fonte, outro grupo achou que o ponto de luz seria do mesmo tamanho e os demais não escreveram nada sobre as dimensões do ponto de luz.

Em seguida, os alunos foram orientados a realizar o experimento, como todos tinham colocado que apareceria apenas um ponto de luz, a conclusão do experimento foi que as previsões do grupo estavam corretas. Porém, a resposta do grupo 3 chamou atenção, “Apareceu uma só sombra, a luz transparecida pelos cartões resulta no mesmo resultado independente da quantidade de cartões”. Apesar dos integrantes do grupo 3 terem respondido na previsão que apareceria apenas um ponto de luz, a resposta aponta que havia uma dúvida, pois eles colocam que independente da quantidade de cartões, isso também pode ser evidenciado na fala de um dos alunos do grupo.



**Aluno 04:** a professora quer enganar a gente. Coloca duas lâmpadas aparecem dois pontos de luz, mas, quando coloca três cartões não aparecem três pontos de luz.

**Professora:** Por que vocês acham que isso acontece?

**Aluno 20:** por causa das lâmpadas. Porque depende do número de lâmpada e não de cartão.

No diálogo, fica evidente como um aluno vai ajudando o outro e como eles mesmos vão retomando as experiências anteriores e criando os próprios questionamentos. Essa poderia ter sido uma pergunta elaborada pela professora, para fazer os alunos refletirem sobre a importância da fonte de luz na formação das imagens, mas os próprios alunos vão fazendo as associações e na conversa entre eles conseguem ir apontando as soluções. O aluno 04 faz uma colocação que mostra que o grupo, inicialmente, pensou que o número de cartões enfileirados modificaria o número de pontos de luz formado no anteparo, porém, o aluno 20 consegue explicar que a formação dos pontos de luz não depende do número de cartões, mas da quantidade de fontes de luz. Nesse trecho é possível identificar a criação e modificação de modelos, segunda e terceira ação de aprendizagem proposta por Davydov, os alunos criam explicações e depois testam essas explicações, dessa forma vão modelando o conceito.

O desenvolvimento das atividades em grupos foi essencial. Segundo Davydov (1988), primeiramente, se aprende no coletivo, na relação entre as crianças e depois se transformam em funções mentais do indivíduo, ou seja, no plano particular.

[...] o aspecto essencial do aprendizado é que ele faz surgir, estimula e ativa na criança processos internos de desenvolvimento. Condição indispensável para esses processos são as relações e colaborações entre a criança e os que a rodeiam, que se prolongam no curso do desenvolvimento e convertem-se em aquisições internas da própria criança. (LIBÂNIO; FREITAS, 2015, p. 337).

Os debates foram fundamentais para que os alunos chegassem à conclusão da importância da fonte na projeção da imagem. Por meio do debate, os alunos conseguiram convencer os colegas de que o número de fontes é que determina a quantidade de imagem projetada. Se os alunos tivessem resolvendo essa atividade de forma individual, possivelmente muitos explicariam o fenômeno de forma equivocada, porém ao conversarem com os pares antes de escrever a versão definitiva, a maior parte dos alunos que apresentavam explicações diferentes daquelas aceitas no meio científico, conseguiu entender o motivo da formação de dois pontos de luz.

Ainda com o mesmo material, foi solicitado aos grupos que desalinhassem um dos cartões com orifício, assim como mostrado na Figura 10, e fizessem a previsão do que poderiam visualizar no anteparo quando a lâmpada fosse acesa. Como esperado os grupos escreveram que não veriam nada, pois a luz não chegaria no anteparo.

**Figura 10- Cartões com orifício desalinhados**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Os alunos executaram a atividade e concluíram que suas previsões estavam corretas, porém eles precisavam criar uma explicação do porquê a luz não conseguia chegar ao anteparo. O objetivo era fazer com que eles refletissem sobre os meios de propagação da luz e o princípio da propagação retilínea. O processo de construção dessa resposta está transcrito abaixo, os alunos tiveram um pouco de dificuldade de expressar verbalmente o porquê a luz não era projetada no anteparo.

**Professora:** vocês estão com os três cartões, o que vai acontecer quando acender a lâmpada?

**Aluno 20:** se os cartões estiverem alinhados, o raio de luz vai passar por dentro deles e vai refletir no anteparo formando um foco só.

**Professora:** agora explica por que.

**Aluno 20:** porque quando está alinhado, a luz passa pelos três orifícios. A onda de luz passou pelos três e chegou ao anteparo.

**Aluno 10:** professora, ele sai totalmente do [pausa], fica totalmente descentralizado da bolinha ou só um pouco.

**Professora:** vocês vão tirar ele do foco, por exemplo, estava alinhado não estava? Vocês vão desalinhar.

**Aluno 27:** porque, por exemplo, se a gente pegasse metade do círculo e colocasse ia refletir metade do círculo.

**Professora:** vamos pensar assim, está assim retinho, o que vocês conseguiam ver no anteparo quando as máscaras estavam retinhas?

**Aluno 14:** um círculo do mesmo tamanho do mais próximo do anteparo.

**Professora:** e se eu fizer isso [professora retira a máscara do alinhamento]

**Aluno 10:** nada.

**Aluno 14:** porque a luz vai refletir aqui e não vai conseguir passar.

**Professora:** Por que a luz não consegue passar? Por que ela não passa pelo orifício que está desalinhado?

**Aluno 10:** porque a luz é reta.

**Professora:** o quê?

**Aluno 17:** porque a luz vai reta, ela não desvia. É igual ter uma parede na frente de uma lâmpada, ela não vai passar pela parede e iluminar o que está atrás dela. É uma das características da luz.

**Professora:** qual é então essa característica?

**Aluno 17:** eu não sei exatamente o nome, sei que é então, a luz ela não atravessa [pausa] Ela não faz curvas!

**Professora:** isso!

Debate ocorrido em outro grupo:

**Aluno 08:** está vendo a mão aqui ó, a luz não atravessa.

**Professora:** por que a luz não atravessa?

**Aluno 08:** porque a mão é sólida, ela não é transparente. Igual a régua, a régua é sólida, mas é transparente, a luz vai passar; a mão não é, não dá para passar.

**Professora:** na prática dos três cartões, o que aconteceu quando vocês puxaram um dos cartões para o lado?

**Aluno 08:** não apareceu nada no anteparo.

**Professora:** por quê?

**Aluno 08:** porque, vou te explicar aqui. A luz vai passar pelo primeiro buraquinho, mas quando chegar aqui não tem buraquinho e ela não passa.

**Professora:** mas, por que a luz não chega até o outro buraquinho e passa?

**Aluno 08:** porque a luz não mexe, ela só vai para o “rumo” que você está apontando ela.

**Professora:** isso significa que ela vai como?

**Aluno 08:** vai reto. A luz não faz curva né, se não ela não ia nem passar aqui, ia fazer assim opa e desviar [risos]

Analisando os debates é possível observar que houve uma maior interação com a professora do que nos outros momentos da aula, isso pode ser explicado pelo fato de que os alunos não estavam compreendendo bem a atividade e tiveram dificuldade de colocar em palavras o que viram no experimento. O debate e as perguntas foram importantes para que os alunos conseguissem expressar em palavras o princípio de propagação retilínea da luz.

Um fator a ser ressaltado no diálogo transcrito é que, às vezes, mesmo sem ter intenção, a fala da professora acaba direcionando os alunos para a resposta, quando a professora usa a palavra “retinha” para falar do alinhamento dos cartões acaba por dar dicas de forma indireta aos alunos, pois eles deveriam usar a propagação retilínea da luz para explicar o fenômeno. O fato é que adotar uma postura neutra e não assumir o papel de detentor do conhecimento não é uma tarefa fácil, é necessário romper com a postura tradicional de dar respostas e isso exige uma constante vigilância da postura e das palavras usadas pelo professor.

Para verificar se os alunos realmente haviam entendido, o princípio de propagação retilínea da luz, eles tiveram que responder as seguintes colocações: Com a fonte de luz acesa, coloque a mão na frente da fonte de luz, vocês perceberão a formação de uma sombra no anteparo, por que isso acontece? E escrever uma hipótese para a propagação da luz que explicasse a formação das sombras e a passagem da luz pelas máscaras com orifício. Com essas perguntas pretendeu-se realizar a quarta ação de aprendizagem, que os alunos aplicassem o conceito estudado em um caso particular, a formação de sombras.

Apesar das várias formas de escrever suas conclusões, todos os grupos colocaram explicações no sentido de dizer que a mão obstruía a passagem de luz. Alguns disseram que a mão absorvia a luz e por isso não permitia sua passagem. “Não passa nenhuma luz, porque a mão bloqueia os raios e não deixando eles serem refletidos” (Resposta do grupo 4).

Analisando as repostas dos grupos, apareceram os conceitos de propagação retilínea e de meios de propagação, pois os alunos apesar de não utilizarem os nomes científicos (opaco e transparente) também apresentaram esses conceitos para explicar a formação das sombras. Em seguida, destacam-se os modelos que foram construídos pelos grupos para explicar a passagem da luz pelos cartões, cabe destacar que os modelos foram criados em forma de texto, porém poderia ser usar outros tipos de representações como o desenho, por exemplo.

A luz tem uma propagação retilínea, por isso quando as máscaras estavam alinhadas a luz aparecia no anteparo e quando as máscaras estavam desalinhadas a luz não contornava as máscaras. (Formulação do grupo 5).  
A luz é uma onda, porém ela não da conta de se desviar de objetos sólidos, entretanto ela consegue ultrapassar objetos transparentes. (Formulação do grupo 1).

É possível observar nas formulações dos grupos que houve a compreensão dos conceitos, pois os alunos conseguiram expressar que a luz não sofre desvios e ainda apresentar a ideia de meios de propagação da luz. A formulação do grupo 1 demonstra algumas confusões, pois no lugar da palavra opaco os alunos utilizaram a palavra sólidos, mas dentro do contexto que escreveram é possível ver que estão associando os conceitos de meios de propagação da luz.

Nessa unidade didática estavam previstas a realização de quatro das seis ações propostas por Davydov (1988). A primeira ação consiste na transformação dos dados em condições de tarefas que possam revelar a relação universal do objeto estudado, nessa ação o professor deve pensar em problemas para propor para os alunos que permitam que esses identifiquem o conceito nuclear a ser aprendido. Essa ação se concretizou com a elaboração da atividade de ensino 2, Luz e sombras (Apêndice F). A atividade de caráter experimental

propôs que os alunos desenvolvessem uma série de previsões e testes para formularem um modelo para propagação da luz que satisfizesse todas as situações testadas.

Analisando o desenvolvimento da atividade Luz e sombras, acredita-se que a forma como ela foi apresentada aos alunos pode ser melhorada, ela pode ser apresentada com uma redação mais clara, pois, os alunos apresentaram dificuldades de entender o que era para fazer na atividade.

A segunda e terceira ação de aprendizagem, modelação gráfica por meio de textos e transformação do modelo a fim de estudar suas propriedades em sua forma pura, foi desenvolvida durante a realização dos experimentos e debate entre os grupos. Em todos os experimentos, os alunos precisavam criar um modelo, nesse caso específico poderiam ser usados letras ou desenhos para explicar o que acontecia no anteparo quando as fontes de luz eram acessas. Por exemplo, quando os alunos foram questionados sobre o que eles veriam no anteparo, caso duas fontes de luz fossem acesas diante de um orifício, eles precisaram usar modelos para explicar o que veriam e justificar sua resposta, para isso os alunos conversaram e definiram que o número de fontes de luz define a quantidade de pontos luminosos no anteparo.

Os grupos também precisaram criar modelos para explicar a atividade prática dos três cartões com orifício, quando um dos cartões era desalinhado, nenhum ponto de luz era projetado no anteparo. Buscando explicar esse fenômeno, os grupos concluíram que a luz se propagava em linha reta e por esse motivo não era projetado ponto de luz quando um dos cartões desalinha com os outros.

A realização da quarta ação fica evidente nas duas perguntas finais da atividade de ensino, os alunos precisaram explicar a formação da sombra e a propagação da luz na prática com três cartões de orifício. Os grupos conseguiram explicar os fenômenos usando o modelo criado na atividade anterior, por meio do conceito de propagação retilínea, o que mostra que houve a aprendizagem do conceito e a formação do pensamento teórico, pois, segundo Freitas (2004, p. 06) o “[...] conhecimento teórico ou pensamento teórico, na acepção de Davídov, refere-se à capacidade de desenvolver uma relação principal geral que caracteriza um conteúdo e aplicar essa relação para analisar outros problemas específicos desse conteúdo”.

A primeira unidade didática foi finalizada com os grupos expondo aos seus colegas as suas formulações, cada grupo elegeu um integrante para falar de suas conclusões, nesse momento foi possível observar que apesar das palavras diferentes, os grupos tiveram conclusões muito parecidas e que, apesar das dificuldades apresentadas, ao final da primeira

unidade didática que foi executada em 4 aulas de 45 minutos, já era possível notar uma mudança na postura dos alunos.

Neste ponto, pode-se comparar com outros trabalhos realizados, Marengão (2011) aponta que na utilização da proposta metodológica de Davydov foi possível observar melhorias no interesse e na aprendizagem dos alunos, eles ficaram mais interessados e adquiriram mais autonomia no processo de aprendizagem. Isso também foi percebido na análise da primeira unidade didática dessa pesquisa, onde a diferença entre a postura dos alunos na primeira atividade e na última foi visível. Inicialmente, as perguntas dos alunos estavam voltadas para obtenção de respostas, porém ao final da aula eles já estavam interessados no processo, tendo os tipos de questionamento eram diferentes, não era mais do tipo *isso é assim? Está certo? Observa-se que a pergunta, no decorrer da proposta, alterou-se para: por que isso acontece?*

Nos minutos finais da aula também foram trabalhados os outros dois princípios da óptica geométrica, independência e reversibilidade dos raios luminosos. O conceito principal da aula era o de propagação retilínea, os outros dois foram trabalhados de forma resumida. Usando um espelho, a professora explicou o que significa a reversibilidade dos raios luminosos, pontuando aos alunos que um raio de luz percorre o mesmo caminho de ida e de volta, assim se você vê uma pessoa no espelho, isso significa que ela também pode te ver. A independência dos raios luminosos foi explicada usando duas lanternas, os alunos puderam ver que quando dois feixes de luz se cruzam, um não interfere na trajetória de propagação do outro. A atividade realizada com os cartões também trabalha esses conceitos e poderia ter sido melhor explorada, pois quando as duas fontes de luz foram colocadas diante do orifício cada raio de luz se propagou independentemente, o que resultou nos dois pontos de luz no anteparo.

Ao final dessa unidade, os alunos estavam respondendo mais as perguntas feitas pela professora do que propriamente perguntando. Segundo Libâneo (2004), esse deve ser o objetivo do ensino, “ensinar aos estudantes as habilidades de aprenderem por si mesmos, ou seja, aprender a pensar.” (LIBÂNEO, 2004, p. 20), desta forma, os alunos devem se colocar em busca do conhecimento, devem ser ativos no processo de ensino.

### **3.3 Análise da segunda unidade didática**

A primeira aula da segunda unidade didática aconteceu no dia 22 de novembro de 2016, na qual foi desenvolvida a atividade de ensino 3, intitulada Câmara escura. Essa aula

contou com a participação de 29 alunos que permaneceram divididos como no encontro anterior, em sete grupos, e teve duração de uma hora e trinta minutos.

O objetivo dessa atividade foi fazer com que os alunos compreendessem como são formadas as imagens em uma câmara escura e que aplicassem os princípios da óptica geométrica trabalhados na atividade anterior, propagação retilínea e independência dos raios luminosos. Com essa atividade, pretendia-se realizar quatro das seis ações propostas por Davydov (1988), transformação dos dados em condição de tarefa a fim de revelar a relação universal do objeto de estudo, modelação gráfica ou textual, transformação do modelo a fim de estudar suas propriedades e estruturação de tarefas particulares resolvidas por um procedimento geral.

Cabe ressaltar que a quinta ação, controle da realização das ações anteriores é realizada a todo o momento, a professora observa a turma para ver se os alunos estão interiorizando o conceito de forma correta, chama atenção dos alunos que não estão realizando as atividades e estimula os alunos a fazerem reflexões sobre os conceitos estudados. Davydov (1988, p. 176) pontua que a ação de controle permite “determinar a correspondência entre outras ações de aprendizagem e as condições e exigências da tarefa de aprendizagem”, assim é necessário que essa ação seja realizada a todo instante para saber se os objetivos desejados com cada tarefa de ensino estão sendo alcançados.

Para a atividade, foram confeccionadas câmaras escuras de orifício e entregues aos grupos juntamente com a atividade de ensino. As câmaras foram confeccionadas anteriormente à aula pela professora pesquisadora, o objetivo era ganhar tempo para o desenvolvimento da atividade, já que deixar que os alunos confeccionassem o próprio material era uma alternativa, porém demandaria um maior tempo para a execução da atividade. Essa aula se iniciou com uma retomada dos conceitos trabalhados na última aula, para isso a professora fez algumas perguntas aos alunos.

**Professora:** hoje vamos dar continuidade aos conceitos aprendidos na aula anterior. Eu preparei algumas perguntas aqui, e aí, vamos ver se vocês conseguem lembrar o que a gente trabalhou. Primeiro, é possível enxergar sem a presença de luz?

**Alunos em coro:** Não...

**Professora:** a gente consegue enxergar algum objeto em uma sala totalmente escura?

**Alunos em coro:** Não.

**Professora:** e... meninos, por que que se formam as sombras? Alguém para falar?

**Aluno 11:** a colega falou que é porque a luz não passa pelo objeto sólido.

**Professora:** gente não precisa ficar acanhado não, é pra continuar falando.

**Aluno 19:** ai professora, depende, a gente fez vários experimentos. Na montagem que a gente fez colocamos um objeto que fez com ela contornasse, aí ocorreu sombra nos outros lugares porque a luz não chegou lá, ela foi barrada.

**Professora:** por que que ela foi barrada? Por que que ela não passou pelos outros lugares?

**Aluno 19:** porque ela é retilínea, ela não faz curvas.

Os alunos estavam tímidos no início da aula e pouco participativos, poucos alunos se manifestaram durante o momento inicial das perguntas. Em seguida, foram exibidos os primeiros 16 minutos da série “Cosmos: uma odisséia no espaço tempo”, o vídeo tinha por objetivo apresentar a história da criação das primeiras câmaras escuras e incentivar a curiosidade dos alunos em descobrir como esse dispositivo que despertou tanta curiosidade em séculos passados funciona. Esse resgate do aspecto histórico é essencial para o ensino desenvolvimental, Davydov (1988) pontua que entender a importância que tal conhecimento teve para a humanidade, auxilia no despertar dos motivos para aprender determinado conteúdo, Freitas e Rosa (2015) destacam que cabe ao professor criar meios que possibilitem isso.

Davydov propõe que por meio das tarefas o professor introduza um caminho a ser percorrido pelos alunos, por meio de interações e comunicação compartilhada com o professor e com os outros alunos, envolvendo os materiais didático-pedagógicos (livros, textos, filmes, ilustrações, etc.). Essas ações visam à recriação, para o aluno, de processos criativos realizados por outros. Assim, ele também tem a oportunidade de, embora não criando um novo conhecimento, percorrer o processo criativo que o originou. (FREITAS; ROSA, 2015, p. 09).

O vídeo resgata a questão da historicidade do conceito, pois não era possível fazer com que os alunos recriassem em tão pouco tempo as condições de surgimento da câmara escura, porem por meio do vídeo eles puderam entender esse processo criativo.

Borges (2016) também pontua que a historicidade é fundamental para despertar os motivos dos alunos e para fazer com que o aluno aprenda o conceito. Optou-se por levar um vídeo que possibilitaria aos alunos compreenderem o surgimento da necessidade de se entender o funcionamento de uma câmara escura.

Após a exibição do vídeo para fomentar o debate a professora fez uma fala pontuando a importância do estudo da óptica para a humanidade. E fez alguns questionamentos para os alunos.



**Professora:** assistindo o vídeo a gente pode perceber mais uma vez que a explicação de como a gente enxerga vem causando curiosidade há muito tempo, e vocês sabem como a gente enxerga?

**Aluno 19:** a luz bate no objeto e reflete no nosso olho... Aprendemos na última aula.

Em seguida, os alunos receberam a atividade de ensino, uma vela e a câmara escura de orifício. Ao olharem pelo dispositivo ficaram admirados em verem as imagens que foram formadas invertidas (de cabeça para baixo).

**Aluno 8:** da pra ver a cara do aluno 9 dentro desse negocio. Tem que tentar tampar a luz ao máximo pra gente enxergar.

**Professora:** agora tenta explicar como a imagem dele formou dentro da câmara.

**Aluno 9:** formou de cabeça para baixo.

**Professora:** porque que vocês acham que formou de cabeça para baixo? Como por um buraco tão pequenininho desse da para ver uma imagem?

**Aluno 8:** por que entra menos luz, entra... menos raios de luz entra só um no foco.

**Professora:** mas, quanto mais raios de luz não é melhor para ver não?

**Aluno 8:** na câmara escura não. Quanto menos melhor.

**Professora:** só na câmara escura?

**Aluno 9:** na pupila do olho Professora! Ela também é desse jeito, só um buraquinho.

O diálogo mostra que os alunos começaram a pensar cientificamente no conceito, conseguiram entender um dos princípios do funcionamento da câmara escura, que é a seleção de alguns raios luminosos para formar a imagem, o aluno 9 também consegue fazer a associação do fenômeno ocorrido na câmara escura com o que acontece no olho humano.

Quando os alunos identificam que a imagem é formada de cabeça para baixo, a professora pergunta por qual motivo eles acham que isso acontece, nesse momento é possível identificar a criação de um problema. A criação e desenvolvimento de um problema é a primeira ação de aprendizagem proposta por Davydov, a partir desse momento os alunos se colocam em busca de um modelo que explique o fenômeno, segunda ação de aprendizagem.

Outro fator que se pode pontuar, foi o fato de o dispositivo usado na aula despertar a curiosidade dos alunos. Eles ficaram curiosos quanto à construção da câmara e da função de cada uma das partes, isso pode ser identificado na pergunta do aluno 14.

**Aluno 14:** professora para que serve essa parte móvel da câmara escura?

**Professora:** serve para regular o foco.

**Aluno 14:** parece que quanto mais próxima essa parte da parte de dentro melhor fica a imagem.

**Aluno 10:** não! O que está grudada nesse negocinho aí é o anteparo, quanto mais longe ele fica do orifício mais nítido fica a imagem.

**Professora:** podem retirar essa parte de dentro da câmara para vocês verem melhor.

**Aluno 10:** quanto mais longe o anteparo do orifício mais nítida fica a imagem!

**Professora:** será? Façam o teste.

**Aluno 9:** professora quanto mais longe mais embasado.

Os episódios relatados revelaram a participação e envolvimento dos alunos nas atividades, o que demonstra indícios que os motivos dos alunos foram despertados, Borges (2016) também relata o envolvimento e curiosidade e até mesmo a surpresa dos alunos diante de alguns fenômenos com indícios do despertar dos motivos.

Os motivos das ações de aprendizagem impulsionam os escolares a assimilar os procedimentos de reprodução dos conhecimentos teóricos. Durante o cumprimento das ações de aprendizagem, as crianças dominam, sobretudo, os procedimentos de reprodução de determinados conceitos, imagens, valores e normas e, através destes, assimilam o conteúdo de tais conhecimentos teóricos. (DAVYDOV, 1988, p. 332).

Para a teoria do Ensino Desenvolvimental, o despertar dos motivos dos alunos é essencial para impulsionar as ações de aprendizagem segundo a teoria, o conhecimento teórico só é assimilado quando o aluno vê um motivo, uma necessidade em aprender determinado conteúdo. Quando os alunos questionam sobre a atividade, demonstram curiosidade em entender o fenômeno que está posto em forma de atividade, eles fornecem indícios de que seus motivos para aprender aquele conteúdo foram despertados.

Vale ressaltar que nem todos os alunos demonstraram a mesma empolgação, alguns alunos quando questionados sobre a inversão da imagem na câmara escura simplesmente responderam, não sei, e não tentaram procurar explicação para o fenômeno, demonstrando que aquele conteúdo ou aquela explicação não tinha sentido para o mesmo.

Outro ponto importante do diálogo que deve ser pontuado é quanto à dificuldade da professora em assumir uma postura diferente da tradicional. É comum nas salas de aula os alunos perguntarem e o professor oferecer a explicação de forma imediata, durante a análise das gravações da aula é possível identificar momentos em que a professora assume essa postura, em que o caminho para respostas são dadas aos alunos, como é possível identificar na última fala da professora no diálogo transcrito abaixo.

**Professora:** como vocês acham que os raios saem da vela e chegam lá no anteparo por esse burquinho tão pequeno? A gente conseguiria ver um objeto bem grande por essa câmara?

**Aluno 16:** eu acho que sim.

**Professora:** tenta me explicar.

**Aluno 16:** a gente ia ver porque o objeto está emitindo raios de luz que vem para a gente.

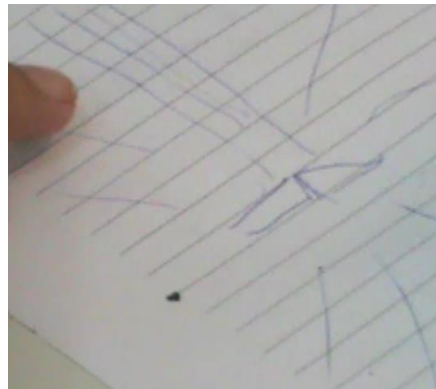
**Aluno 2:** a luz que sai da vela emite raios retos que vêm para a gente.

**Professora:** como assim reto? Desenho em uma folha pra mim como seriam esses raios que saem da vela. [o desenho feito pelo aluno 2 encontra-se na figura 11].

**Aluno 2:** ele vai se espalhar para todos os ângulos, geral assim, não é só para a direção da câmara, quando você olha para os lados tem luz, então não tem como ser só um ângulo reto.

**Professora:** para cada raio de luz emitido, a propagação é em linha reta. Essa aqui é reto, esse também... Cada um se propaga em linha reta.

**Figura 11- Representação da propagação retilínea da luz do grupo 04**



Fonte: arquivo pessoal da autora

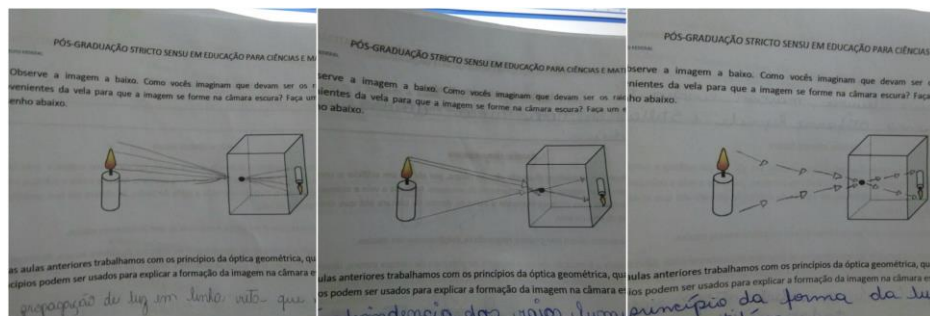
No trecho acima, a professora acaba por dar as respostas aos alunos dizendo que para cada raio de luz emitido a propagação é em linha reta. Tanto Marengão (2011) quanto Borges (2016) também relatam a dificuldade do professor em manter uma postura dialógica, os autores ponderam que é difícil fugir da postura habitual de explicar o conteúdo e responder as perguntas dos alunos de uma forma imediata. No ensino desenvolvimental, segundo Freitas (2011), o papel do professor é providenciar condições de aprendizagem que auxiliem os alunos a conhecerem o conceito gênese do conteúdo, e isso vai muito além de explicar o conteúdo, ele tem o papel essencial de elaborar atividades e dar condições aos alunos de entenderem o conceito de uma forma investigativa, mais autônoma.

Um fator interessante a ser ressaltado no diálogo descrito acima é a questão da propagação retilínea da luz, os alunos apesar de saberem que a luz se propaga em linha reta apresentaram dificuldades em representar a propagação dos raios de luz na câmara escura. Ao conversar com eles, a professora foi percebendo que os alunos estavam apresentando um

modelo que ainda precisaria ser melhorado, sobre os raios de luz produzidos por uma fonte extensa de luz, pedir para desenhar o que estavam tentando explicar, isso ficou evidente. Os alunos tiveram dificuldades em representar os raios de luz emitidos pela vela, isso se deve a diferença entre a representação de raios de luz de uma fonte pontual e uma extensa. A parte de propagação da luz por uma fonte extensa não foi trabalhado com os alunos, essa necessidade só foi percebida no momento da análise de dados. Isso pode ter ocasionado a dificuldade dos alunos em representar os raios de luz responsáveis pela formação de imagem na câmara escura.

Aos alunos foi perguntado como explicariam o fato da imagem da vela ser formada de ponta cabeça, os grupos apresentaram dificuldades em escrever uma explicação para o fenômeno, fizeram muitas perguntas à professora, debateram muito entre seus pares e por final escreveram suas conclusões, “(Independência dos raios luminosos) Por causa da luz que se propaga em linha retilínea, é a chama da vela propaga para baixo e a ponta de baixo da vela para cima, fazendo com que elas se cruzem, porém não se interfiram.” (Respostas do grupo 1). A explicação fica clara quando se olha a resposta da pergunta D da atividade na qual os alunos tinham que representar os raios de luz que saíam da vela e entravam na câmara escura.

**Figura 12- Representação dos grupos 5, 1 e 4 para propagação da luz na câmara escura**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Ao compararmos a representação dos raios de luz feitos pelo grupo 4 na Figura 11 e olhando a representação do mesmo grupo na figura 12, é possível notar que eles conseguiram compreender como acontece a formação da imagem invertida na câmara escura e como se dá a propagação retilínea da luz. O grupo havia apresentado um modelo de raios paralelos para explicar a propagação da luz (Figura 11), ao serem questionados pela professora perceberam que o modelo não explicava a projeção da imagem nas diversas posições que a câmara

assumia e assim adotaram um modelo que conseguiu satisfazer todas as situações, que está de acordo com o modelo cientificamente correto.

Os relatos comprovam que os alunos conseguiram desenvolver a quarta ação de aprendizagem, eles conseguiram aplicar o conceito de propagação retilínea da luz em um caso particular, formação da imagem em uma câmara escura. Isso são indícios que os alunos conseguiram desenvolver o pensamento teórico, pois segundo Freitas e Rosa (2015):

Uma vez apreendido teoricamente o objeto, como um conceito, o professor propõe aos alunos sua generalização, utilizando-o na análise de diversas e variadas situações e contextos envolvendo o objeto, agora de forma particular, singular. Desse modo, tendo sido antes confrontados com um problema cuja solução exigiu deles a apreensão teórica do conceito por meio de ações teórico-práticas, os alunos agora vão em busca da concretização desse conceito. (FREITAS; ROSA, 2015, p. 10).

Quando os alunos são capazes de usar os conceitos aprendidos em outras situações eles concretizam a aprendizagem. Os alunos conseguiram concretizar o conhecimento teórico adquirido na unidade didática 1 em uma outra situação. E ainda vão além: comparam o modelo criado para explicar a formação da imagem na câmara escura com o olho humano, mostrando que conseguem aplicar o conhecimento adquirido em mais situações.

Um dos alunos do grupo 5 comentou que a câmara escura mostrava como a imagem era formada no olho humano, esse assunto despertou a curiosidade do grupo, eles começaram um debate sobre a formação da imagem no olho humano, vale ressaltar que esse questionamento não foi feito na atividade de ensino, ele partiu dos alunos. Libâneo e Freitas (2006) consideram que despertar os motivos dos alunos em aprender é essencial no ensino desenvolvimental, quando os alunos demonstram de forma espontânea a vontade de entender como a imagem é formada no olho humano, podemos encontrar indícios de que os motivos dos alunos foram despertados, abaixo o trecho do diálogo que mostra como eles se empenharam em entender e explicar a relação da imagem formada na câmara escura com a imagem formada no olho humano.

**Aluno 10:** (lendo a pergunta da folha) como vocês explicariam o fato da imagem da vela ter se formado de ponta cabeça?

**Aluno 14:** acho que é porque a gente vê tudo ao contrário, o nosso cérebro que inverte a imagem.

**Aluno 10:** mas... Por que então se é o nosso cérebro que inverte a imagem, por que eu não vejo você de ponta cabeça?

**Aluno 14:** porque eu acho assim, a câmara que inverte ela (a imagem).

**Aluno 10:** então é assim, a gente até vê normal, mas, a câmara reverte à imagem.

**Aluno 14:** é, eu acho que ela colocou a imagem como a gente realmente enxerga e não como ela realmente é. Por exemplo, você tá olhando para a vela aqui, se tá vendo ela normal na verdade você tá vendo ela ao contrário porque é o seu cérebro que reverte ela, ela está de cabeça para baixo só que você tá vendo ela normal porque seu cérebro tá invertendo. Quando você está olhando a câmara você está enxergando ela de cabeça para baixo, então, acha que a câmara mostra o jeito que você enxerga realmente.

**Aluno 12:** então isso aqui seria sem a imagem formada no cérebro?

**Aluno 14:** isso aqui seria como se você estivesse vendo sem seu cérebro inverter.

**Aluno 14:** pra mim, eu acho assim, que a gente enxerga a imagem de cabeça para baixo o nosso cérebro que reverte ela, e eu acho que quando a gente vê pela câmara é como se a gente tivesse vendo sem que o cérebro revertesse.

**Aluno 10:** mas como que... Se ela reverte porque ela não reverteu a imagem da vela, para ela ficar de cabeça para cima?

**Professora:** será que ele não reverteu? Será como essa imagem chegou ao nosso olho? Como ela se formou dentro do nosso globo ocular? Será que ela formou invertida igual vocês estão vendo aí na câmara?

**Aluno 14:** se ela está em pé, ela vai reverter, a professora não sei, porque a gente enxerga elas mas...

**Professora:** aqui a gente tá enxergando ela em pé, não está?

**Aluno 14:** mas na verdade é porque nosso cérebro reverte ela, não é?

**Professora:** sim. E aí na câmara a gente enxergou ela invertida, então como é que ela chegou lá no nosso olho?

**Aluno 10:** então o cérebro não converteu essa.

**Professora:** ele converteu.

**Aluno 10:** a não professora! Então ele converteu e ela desconverteu ... (risos)

**Aluno 14:** então no globo ocular a gente tá enxergando ela em pé e aí o cérebro vai converte ela de novo.

**Professora:** então, como vocês enxergam ela na câmara?

**Aluno 10 e 14:** invertida!

**Professora:** isso, vocês enxergam de cabeça para baixo, e como ela vai formar lá dentro do olho?

**Aluno 10:** em pé. Então é como se a gente olhasse por aqui só que... como se a gente não tivesse um cérebro.

Analisando o debate, é possível observar que os alunos iniciam o assunto e vão evoluindo suas explicações com pouca intervenção do professor. O aluno 14 se mostra em um nível conceitual maior e tenta ajudar o colega a entender como a câmara escura representa a visão dentro do globo ocular. Ao final do diálogo, existe uma maior intervenção da professora, porém, na maior parte do tempo, os alunos conversaram entre si sobre o fenômeno.

No trecho descrito pode-se constatar que a ideia apresentada por um dos alunos vai evoluindo gradativamente com o debate. O aluno 10 inicialmente se apresenta confuso sobre a inversão da imagem pelo olho humano, acreditando que se assim fosse, teríamos que ver os objetos de cabeça para baixo, porém com a intervenção do aluno 14 e algumas perguntas direcionadas pela professora é possível verificar que ao final da conversa esse aluno consegue entender como acontece a inversão da imagem e o mais importante: como é representada na

câmara escura essa formação da imagem. Ele consegue sintetizar que o dispositivo representa a imagem formada dentro do globo ocular, sem a ação do cérebro.

Além de conversarem sobre a imagem invertida formada na câmara escura, os alunos precisavam responder à questão E da folha de atividades, que solicitava: Nas aulas anteriores trabalhamos com os princípios da óptica geométrica, qual (is) dos princípios podem ser usados para explicar a formação da imagem na câmara escura? Os grupos apresentaram dificuldades em estruturar uma resposta para essa questão, primeiramente eles queriam saber quais foram os princípios estudados, eles não estavam associando a propagação retilínea da luz, a independência e a reversibilidade dos raios luminosos ao que se pedia na questão.

**Aluno 16:** professora, essa aqui a gente não entendeu, óptica geométrica?

**Professora:** que princípios a gente usa para explicar isso que vocês acabaram de me mostrar? Nós trabalhamos eles na aula anterior. Qual ou quais são usados para explicar a formação de imagem na câmara escura?

**Aluno 20:** que os raios são independentes.

**Professora:** não se preocupe com os nomes, basta escreverem da forma que vocês estão me falando. Mas vocês acham que é só esse?

**Aluno 2:** não tem aquele outro, do espelho.

**Professora:** quais são os três que nos estudamos na aula anterior?

**Aluno 20:** que a luz é retilínea, que ela é independente ... qual é o outro mesmo?

**Aluno 16:** que a luz não faz curva

**Professora:** mas esse e a propagação retilínea é a mesma coisa.

**Aluno 2:** não tem aquele outro... Do espelho.

**Professora:** isso! Agora qual deles vai se aplicar a nossa situação?

**Aluno16:** eu acho que da independência, porque os raios vão passar normalmente um pelo outro, sem desvio. Eu acho que a do espelho também.

**Aluno 20:** qual era mesmo a explicação do espelho?

**Aluno 2:** tipo assim, eu vou estar de cá e vou olhar no espelho e vou ver a professora e ela também vai me ver.

**Aluno16:** imagem inversa, tipo assim, ela vê a pessoa lá atrás e a mesma pessoa que ela esta olhando vê ela lá na frete.

**Professora:** não é imagem inversa, chama reversibilidade dos raios luminosos, os raios luminosos fazem o mesmo caminho de ida e de volta. Se eu te vejo no espelho você também me vê. Que tipo de raio vocês representaram no desenho?

**Aluno 2:** independente.

**Professora:** isso, porque eles se cruzam, mas ainda temos mais um princípio que é usado para explicar a formação de imagem.

**Aluno 2:** Retilínea.

**Professora:** por que vocês acham que é o da propagação retilínea?

**Aluno 20:** porque se ela curvasse a imagem não ia ficar invertida ia ser direita.

Além de não associarem o nome, princípios da óptica geométrica, ao assunto trabalhado na aula anterior os alunos ficaram preocupados em lembrar os termos corretos para

se referirem aos princípios. Também foi necessária uma maior intervenção da professora nessa questão, pois os alunos tiveram dificuldades de entender o que era para responder na questão e também de identificar quais os princípios atuavam na câmara escura. Essa dificuldade pode ter sido ocasionada pela forma como foi elaborada a questão (questão E do Apêndice G), pois ela pergunta quais são os princípios que explicam a formação da imagem na câmara escura, talvez se a questão pedisse aos alunos para explicarem como a imagem é formada eles teriam conseguido descrever o fenômeno sem se preocupar com os termos científicos.

Observando os grupos em sala, a maior parte pontuou a independência dos raios luminosos como princípio norteador da câmara escura. Isso pode ter acontecido devido ao fato do desenho feito pelos grupos, representados na Figura 13, deixar evidente que os raios luminosos se cruzam no orifício da câmara escura para projetar a imagem no anteparo. Para que eles concluíssem que outro princípio também ajudava a explicar a projeção da imagem pelo dispositivo, a professora teve que intervir dizendo que havia outro princípio além do que eles já haviam citado.

A última questão que perguntava como aumentar a nitidez da imagem projetada no anteparo, quatro dos sete grupos, responderam que a nitidez estava associada à quantidade de luz presente no ambiente e que, para aumentar a nitidez deveria se aumentar a intensidade da luz, ou seja, aumentar a claridade. Dois grupos associaram à qualidade da imagem à distância que a câmara escura estava do objeto, um grupo propôs que a câmara deveria ser aproximada do objeto para que a imagem fosse melhorada e o outro que ela deveria ser afastada, o último grupo relacionou a qualidade da imagem ao ajuste do anteparo.

Essa parte da nitidez da imagem poderia ter sido melhor explorada, pois a proposta é que os alunos testassem a sua hipótese após anotar a resposta mas, devido ao avançar do tempo não foi solicitado que os mesmos fizessem o teste dessa questão, o que pode ser aprimorado em uma futura aplicação.

Um fator interessante a ser ressaltado na última pergunta é quanto à preocupação dos alunos em escrever a resposta correta. Acostumados com o método convencional de avaliação, os alunos se preocuparam muito em acertar, isso acontece porque o método de avaliação que são submetidos exige a resposta correta. Assim, mesmo deixando claro que o que estava escrito na tarefa não valeria nota e que não sofreriam nenhum ônus por conta das respostas, os alunos optaram por apagar e escrever o resultado correto do experimento.

O encerramento da aula foi feito por meio de um resumo oral dos debates que aconteceram nos grupos, cada grupo elegeu um representante que fez a compilação de tudo o



que foi conversado e aprendido na aula. O objetivo desse momento é revisar tudo o que foi trabalhado no dia e fazer com que os alunos formulem isso em palavras. Ao final, a professora fez uma breve fala reforçando os princípios da óptica geométrica que explicam a formação de imagem em uma câmara escura e por final uma aluna ainda interessada no assunto fez alguns questionamentos.

**Aluno 3:** tem algum jeito de fazer para a imagem formar certo?

**Professora:** para ela não se formar de cabeça para baixo?

**Aluno 3:** sim.

**Professora:** com a câmara escura não tem jeito.

**Aluno 3:** mesmo se tivesse dois buracos?

**Professora:** ele ia selecionar outros raios e a imagem ia formar do mesmo jeito. Talvez tivéssemos duas imagens, mas, não uma direita.

**Aluno 9:** professora, tipo assim na entrada do olho também a imagem é de cabeça para baixo, então se a gente enxergou aqui de cabeça para baixo lá no olho ela estava normal?

**Professora:** a câmara escura pessoal, é um protótipo do olho humano, também temos um orifício por onde a luz passa mais ou menos como no esquema que eu desenhei no quadro e há a formação de uma imagem dentro do nosso olho invertida, então por exemplo, eu vejo um aluno que está em pé mas, dentro do meu olho essa imagem se formou invertida.

**Aluno 3:** aí é o sistema que leva ao cérebro para poder “desinverter”?

**Professora:** Isso, o nervo óptico.

A aula se encerrou, pois o horário já havia terminado, porém os alunos ainda ficaram questionando sobre a câmara escura. O questionamento do aluno 3 foi interessante e o que mais chamou a atenção é que ele parecia um aluno apático e que no decorrer da aula não demonstrou muito interesse pela atividade, porém ao final surpreendeu com uma pergunta muito interessante e demonstrou que não estava alheio à aula.

O segundo encontro dessa unidade didática, sétima aula do experimento didático, aconteceu no dia 29 de novembro de 2016, teve duração de 45 minutos, o objetivo foi: aplicar os conhecimentos de câmara escura e propagação retilínea na solução de problemas, com essa atividade pretendia-se desenvolver a quarta ação de aprendizagem que consiste na estruturação de tarefas particulares que podem ser resolvidas a partir do conceito nuclear. Para isso, foi desenvolvida a atividade de ensino 4 (Apêndice H), intitulada Eclipses. Essa aula contou com a participação de 26 alunos, que ficaram divididos em seis grupos. Tentou-se manter a montagem dos grupos parecida com a do encontro anterior, porém como o número de alunos presentes diminuiu teve que se desfazer um dos grupos, assim houve pequenas alterações nos grupos.

Um fator importante a ser ressaltado é quanto ao número de alunos presentes em cada aula do experimento didático, a turma tem 37 alunos matriculados, desses, 36 compareceram ao primeiro encontro, 35 ao segundo, 29 ao terceiro e 26 ao quarto, ou seja, onze alunos faltaram a esse encontro. O possível motivo do número crescente de faltas se deve ao fato da finalização das atividades avaliativas do ano, no dia 29 de novembro todas as avaliações já haviam sido aplicadas, os alunos tinham conhecimento que a atividade que estava sendo desenvolvida não valia nota, e a instituição de ensino caminhava para o processo de recuperação. É comum nas escolas estaduais, após a finalização das atividades avaliativas do 4º bimestre, o fluxo de alunos diminuir, mesmo assim tivemos uma participação muito boa nas atividades finais.

É válido entender como acontece o processo de recuperação do colégio para compreender o fluxo de alunos durante o experimento didático. Após as avaliações e encerramento de notas do último bimestre são feitas turmas especiais, na qual os alunos que ainda não atingiram o conhecimento necessário para prosseguir para a série seguinte recebem aulas de reforço, os demais alunos que ainda estão frequentando o colégio têm aulas diferenciadas em outras turmas. Assim, pode se concluir que alguns alunos que não estavam presentes nessa aula estariam em outra aula, tendo reforço, ou que já haviam passado de ano e não estava mais frequentando o colégio. Porém, havia aqueles alunos que mesmo aprovados ainda continuaram frequentando as aulas e participando do desenvolvimento do experimento didático formativo.

A sétima aula se iniciou com uma retomada dos conceitos que foram trabalhados em aulas anteriores. Foi perguntado aos alunos o que acontecia no anteparo da câmara escura ao observar um objeto, os alunos responderam que se formava uma imagem invertida, a professora indagou sobre quais conceitos estudados explicavam a formação da imagem invertida, alguns alunos falaram sobre a propagação retilínea e a independência dos raios luminosos. Dando seguimento a aula a professora entregou a atividade de ensino 4, que deveria ser desenvolvida pelos alunos em grupo, assim como as outras atividades.

Na atividade 4, os alunos deveriam aplicar os conceitos aprendidos em uma situação diferente da estudada, assim como propõem Davydov (1988) em suas ações de aprendizagem. Segundo ele, o professor deve criar um sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas usando o conceito nuclear ensinado, com esse objetivo foi elaborado a atividade de ensino 4, no qual os alunos usando os conceitos de propagação retilínea e independência dos raios luminosos deveriam explicar como acontecem os eclipses e retomar a formação de imagem na câmara escura.

A primeira pergunta que os alunos deveriam debater e em seguida responder seria o porquê acontecem os eclipses. A questão despertou a curiosidade dos alunos e os primeiros questionamento entre os grupos surgiram, queriam saber como era o posicionamento dos astros para que o eclipse acontecesse.

**Aluno 19:** professora, os eclipses acontecem quando o Sol e a Lua se alinham, o solar acontece quando a Lua está atrás do Sol?

**Professora:** tem como a Lua entrar atrás do Sol?

**Aluno 19:** não!

**Professora:** por que não?

**Aluno 19:** porque, como que eu vou explicar. Está girando não tá?

**Aluno 11:** o Sol não passa entre a Terra e a Lua.

**Aluno 19:** é que está assim o... ( usando uma esquema com os materiais ela coloca alinhado o Sol, a Terra e a Lua) ai quando a Terra esta aqui, uma parte que ta de frente pro Sol fica claro e a outra fica iluminada pela luz da Lua.

**Professora:** A Lua tem luz?

**Aluno 11:** não, ela é iluminada pelo sol.

**Aluno 19:** então quando a Terra tá aqui (mostrou o alinhamento) ela tampa a Lua e acontece o eclipse.

**Professora:** que eclipse é esse?

**Aluno 11:** o eclipse Lunar.

**Professora:** e o solar?

**Aluno 11:** o solar é quando a Terra e ela tampa... não! È quando a Lua ta aqui e tampa o negocio do Sol, ai fica o Sol, a Lua e a Terra.

**Professora:** então faça o desenho e explique isso que vocês estão me falando.

**Aluno 11:** o eclipse lunar é quando a Terra entra na frente do Sol e a luz dele não chega na Lua, aí a gente enxerga a Lua preta.

**Aluno 19:** preta?

**Aluno 11:** sim, porque a gente tem a ausência de luz então a luz não chega até a Lua, então vai ser um eclipse Lunar. E no eclipse solar, quando o Sol bate na Lua a gente não da conta de ver toda a sua luz, e a parte da frente da Lua também não está iluminada e fica escura e a gente não consegue ver essa parte. Muitas vezes então a gente vê só o circulo assim, porque o Sol passa, alguns raios, passam só em volta assim ai você é incapaz de ver a luz completa do Sol.

**Figura 13- Ilustração do Grupo 1 para explicar os eclipses**



Fonte: arquivo pessoal da autora

No diálogo, inicialmente, é possível notar que os alunos cometem alguns erros conceituais, falando que a Lua passa atrás do Sol, que a luz da Lua ilumina parte da Terra que estará escura, ou até mesmo acreditando que a Lua fica preta durante um eclipse. Porém, os próprios alunos vão mudando de ideia quando a professora faz alguns questionamentos, um vai corrigindo o outro e juntos começam a apresentar uma ideia mais próxima da cientificamente aceita. Na Figura 13, está a representação que os alunos construíram para explicar os eclipses, elas apresentam o posicionamento correto dos astros, além de transmitir a ideia de que para que os eclipses ocorram os astros precisam estar alinhados.

Além de conversarem e representarem a posição dos astros para a ocorrência dos eclipses, foi pedido aos alunos que escrevessem uma explicação para a ocorrência dos mesmos, “no eclipse solar a Lua impede a passagem dos raios solares para a Terra, fazendo sombra, semelhante ao experimento que foi feito com a mão e a lâmpada” (Grupo 5), essa resposta mostra que os alunos fizeram relação com a atividade de ensino 2: Luz e sombras. Eles concluíram que os eclipses se formam pelo mesmo motivo que as sombras, ou seja, uma interrupção na propagação da luz.

As respostas dos grupos para a primeira pergunta da atividade de ensino 4 foram bem parecidas, os grupos colocaram que o eclipse lunar acontece porque a Terra fica entre o Sol e a Lua e como a Lua não tem luz própria ela deixa de brilhar, e para o Solar escreveram que a luz do Sol é bloqueada pela Lua, dois grupos também falaram do alinhamento dos astros, que para ocorrer os eclipses Lua, Terra e Sol precisam estar alinhados.

Uns dos grupos apresentaram dificuldades em definir o que era um eclipse e qual astro ficava encoberto em cada caso, porém por meio de desenhos e de debates foram aperfeiçoando a ideia de eclipse.

**Aluno 14:** eu acho que o Lunar é quando a sombra a Lua é projetada na Terra.

**Professora:** e por que faz sombra na Lua?

**Aluno 14:** acho que por causa da rotação da Terra, a Lua faz rotação em volta da Terra e quando entra no eixo da Terra fica na frente do Sol.

**Professora:** quem é que fica na frente do Sol?

**Aluno 14:** a Lua, e projeta a sombra na Terra, e aí acontece o eclipse Lunar.

**Professora:** e o solar?

**Aluno 14:** talvez é ao contrário. A sombra da Terra é projetada na Lua.

**Professora:** primeiramente, o que acontece em um eclipse solar, vocês sabem?

**Aluno 10:** eu não sei não.

**Professora:** o que acontece com a Lua em um eclipse Lunar?

**Aluno 10:** a Lua fica escura, não é?

**Professora:** sim, a Lua fica escura, mas, por quê?

**Aluno 14:** lunar, a Lua fica em frente ao Sol. Desenha aí, desenha a Terra, a Lua e o Sol.

**Professora:** quem está sendo encoberto aí? Quem está sendo tampado?

**Aluno 14:** o Sol, ele está sendo tampado pela sombra da Lua.

**Aluno 10:** não entendi.

**Aluno 14:** porque aqui ó, os raios solares estão tampados pela Lua que não vai deixar chegar a Terra.

**Professora:** quem ficou encoberto aí nessa representação?

**Aluno 10:** o Sol.

**Professora:** Então que tipo de eclipse é esse?

**Aluno 12:** solar.

**Professora:** a palavra eclipse é definida como obscuro, esconder. Então que está escondendo aí?

**Aluno 14:** a Lua está escondendo o Sol.

**Aluno 10:** então vamos fazer o desenho.

**Aluno 12:** como vai ficar então?

**Aluno 14:** a Lua, o Sol e a Terra.

**Aluno 10:** mas, porque a Lua aqui desse lado? Não tem como a Lua ficar atrás do Sol.

**Aluno 14:** então tem que ser assim o... O Sol, a Lua e a Terra

**Aluno 10:** então esse daqui é o solar, a Lua fica na frente do Sol.

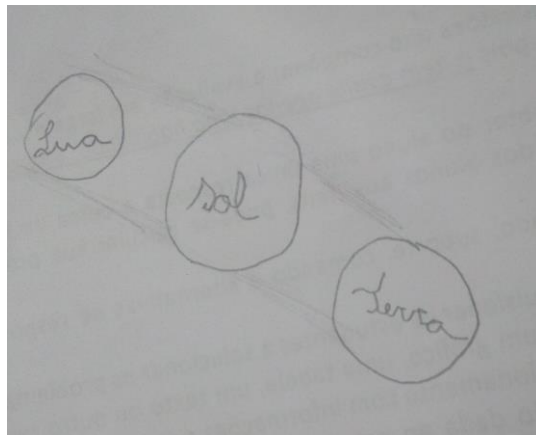
Os alunos não tinham bem definido o que era eclipse solar e lunar, começaram confundindo qual astro estava encoberto em cada situação, assim como em outro grupo relatado anteriormente, alunos desse grupo também sugeriram que a Lua passava por trás do Sol, porém eles mesmos corrigiram essa ideia durante o debate. Os alunos começaram a apresentar explicações variadas sobre os eclipses, então a professora percebeu que seria necessário explicar a definição de eclipses para os alunos, o que os ajuda a definir qual astro

ficaria encoberto em cada situação, então ela falou que eclipse significa obscurecimento e o fato de encobrir.

Nos debates ainda há muitas participações da professora, os alunos, embora já apresentem uma postura mais autônoma, ainda demonstram um comportamento de querer respostas prontas, e se sentem muito inseguros em fazerem afirmações sem antes consultar a professora. Mesmo assim, é importante destacar o envolvimento dos alunos nos problemas propostos e o empenho no desenvolvimento das atividades e no debate em grupo.

Outro fator interessante a ser ressaltado sobre as atividades de ensino está na importância das representações, dos modelos que os alunos constroem para explicar os fenômenos. Na atividade de ensino 4, o desenho foi essencial para fazer com que os alunos entendessem o posicionamento dos astros. Nas quatro últimas falas dos alunos 10 e 14 e na Figura 14 isso fica claro, quando o aluno desenha a Lua, o Sol e a Terra o outro logo questiona que não tem como a Lua fica atrás do Sol, e assim eles constroem o modelo cientificamente correto.

**Figura 14- Representação do eclipse solar**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Além das atividades sobre eclipses os alunos deveriam retomar os conceitos que explicam a formação de imagem em uma câmara escura no item dois da atividade de ensino 4 (Apêndice H) . Inicialmente, deveriam relatar que tipo de imagem iriam observar na câmara escura, os seis grupos relataram que a imagem se formaria de cabeça para baixo, ou seja, invertida. Além disso, um dos grupos também escreveu que a imagem teria uma proporção menor comparada ao tamanho real da imagem.

Ainda no item dois, os grupos deveriam dizer quais princípios se baseava a formação de imagem na câmara escura, três grupos colocaram a propagação retilínea e a independência dos raios, um grupo colocou apenas a propagação retilínea e dois grupos não colocaram nenhum princípio. Apesar de dois grupos não responderem a essa questão, os alunos não apresentaram dificuldades em dizer quais princípios explicam a formação de imagem na câmara escura, a maior dificuldade detectada é que eles queriam lembrar o nome do princípio, apareceram termos como: linha reta, retilínea, não faz curva, linhas independentes, porém, mesmo sem usar o termo correto as respostas remetiam aos princípios estudados na aula anterior.

A terceira questão dessa atividade de ensino pedia para os alunos listarem objetos que tinham o funcionamento parecido ao de uma câmara escura, quatro dos seis grupos citaram o data show, o monóculo de foto e a câmera fotográfica, dois grupos mencionaram o binóculo, o olho humano e o telescópio, ainda foi citado por um dos grupos a luneta.

As respostas apontam algumas confusões feitas pelos alunos quanto ao princípio de funcionamento de uma câmara escura, eles associaram ao fato de enxergar por um orifício, um exemplo é o monóculo de foto. Quatro grupos citaram o monóculo de foto como instrumento de funcionamento semelhante ao da câmara escura, porém, apesar desse instrumento ter orifício e o seu formato ser parecido ao de uma câmara escura os princípios de funcionamento não são os mesmos, pois, o monóculo funciona com uma lente para aumento da imagem, ele é um dispositivo que possuiu uma lente que possibilita ver uma imagem em filme transparente que é colocada no fundo de um anteparo que permite a passagem de luz. Assim, eles também confundiram o telescópio, a luneta, data show e o binóculo. As respostas nos levaram a questionar se eles conhecem o funcionamento desses instrumentos ou se somente colocaram objetos que se assemelham a uma câmara.

Apesar de terem confundido alguns instrumentos, os grupos conseguiram associar alguns objetos de forma correta, como por exemplo, a câmera fotográfica e o olho humano. Houve um dos grupos que além dos instrumentos citados acima colocaram que qualquer coisa escura que tenha um orifício pode se tornar uma câmara escura.

Em seguida foram feitos os encaminhamentos finais da aula, cada grupo elegeu um representante para falar as conclusões de cada questão em voz alta, iniciando na questão sobre eclipses. Essa questão despertou a curiosidade dos alunos, logo que o Aluno 11 relatou a resposta do seu grupo, um debate se iniciou.

**Aluno 11:** vou falar do solar. O eclipse solar ocorre quando os raios do Sol são impossibilitados de chegar a Terra por causa da Lua.

**Professora:** como assim impossibilitado?

**Aluno 11:** a Lua entra entre o Sol e a Terra, impossibilitando os raios de chegarem a Terra.

**Aluno 10:** porque a Terra e a Lua se alinham.

**Professora:** agorinha vamos retomamos a questão do alinhamento. Sabemos que nós temos Lua: cheia, nova, minguante e crescente, o eclipse lunar pode acontecer em que tipo de Lua?

**Alunos:** Cheia!

**Professora:** por quê?

**Aluno 8:** porque a cheia é a que mais recebe os raios solares.

**Professora:** mas, por que que o eclipse lunar só acontece na Lua Cheia?

**Aluno 14:** o Eclipse Lunar é porque, quando ela tá cheia a gente só consegue enxergar a Lua por causa dos raios solares, ou seja, quando ela está cheia ela recebe quase cem por cento dos raios solares e aí a gente vê ela completa. Como é o eclipse lunar, é o Sol a Terra e a Lua, então os raios solares eles não vão chegar a Lua, a Terra vai impedir eles de chegarem na Lua, então ela vai ficar mais escura, eclipse lunar.

**Professora:** a explicação está bem coerente, só temos eclipse lunar na lua cheia, porque para ter um eclipse lunar a Lua não pode receber luz do Sol, pois a Lua é um corpo iluminado ou luminoso?

**Alunos:** Iluminado

**Professora:** a Lua não tem luz própria, então para que um eclipse ocorra à luz que sai do Sol e chega a Lua tem que ser bloqueada, e ela vai ser bloqueada por quem?

**Aluno 8:** pela Terra.

**Professora:** agora outra pergunta, porque que não temos eclipse uma vez por mês?

**Aluno 8:** porque não é sempre que a Terra atrapalha o caminho dos raios solares.

**Professora:** por que que não é sempre?

**Aluno 8:** ah... sei lá professora.

**Professora:** meninos! Ouçam a pergunta que eu fiz e vamos ver se alguém consegue responder. Concluimos que é na Lua cheia que acontece o eclipse Lunar, só que nos temos Lua cheia todo mês, porém, temos eclipse todo mês?

**Alunos:** não!

**Professora:** por quê?

**Aluno 19:** porque nem sempre conseguimos impedir que a luz passe.

**Aluno 4:** porque a Terra não está obstruindo a passagem dos raios solares.

Os alunos ficaram curiosos nessa parte, pois apesar de saberem que não havia eclipses, toda Lua cheia não conseguiram apresentar uma explicação coerente para o fato. Nesse momento, houve uma maior intervenção da professora, pois, o debate sobre a ocorrência de eclipses tomou uma proporção que não era a planejada, com o desenvolvimento do conteúdo foram aparecendo vários questionamentos sobre o fenômeno e a aula “fugiu do assunto” que era a propagação retilínea da luz e a ocorrência de eclipses por conta da sombra que um astro faz no outro. Os alunos ficaram empenhados e a professora pesquisadora acabou saindo da proposta da atividade para sanar as dúvidas dos alunos. Foi improvisado com os alunos uma



atividade para explicar melhor a ocorrência dos eclipses e porque os eclipses só ocorrem em duas das quatro fases da Lua.

Primeiramente, a professora explanou sobre a inclinação da órbita da Lua em relação ao plano da órbita da Terra ao redor do Sol, e esse fato explica a rara ocorrência dos eclipses, pois os astros precisam se alinhar para que a luz solar seja bloqueada. Em seguida, com o auxílio de duas alunas representou a posição dos astros, Terra, Lua e Sol, durante os eclipses.

Devido à limitação do tempo, a aula encerrou com esse debate sobre eclipses, os alunos estavam empenhados e apesar da atividade de ensino 4 não envolver experimento e demonstrações práticas os alunos se empenharam, participaram dos debates, isso demonstra que a atividade favoreceu o despertar dos motivos em aprender esse conteúdo. Outro fator importante a ser ressaltado sobre a última aula da segunda unidade didática é quanto à ausência de experimentação, é possível fazer com que uma aula se torne interessante para os alunos usando apenas lápis, caneta, papel e um bom debate.

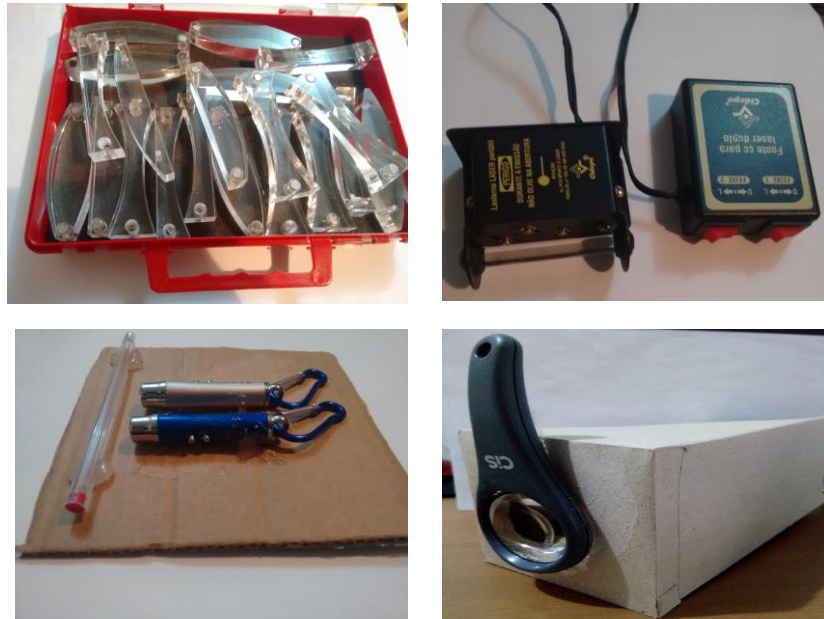
### **3.4 Análise da terceira unidade didática**

A terceira unidade didática foi desenvolvida no dia 02 de dezembro de 2016, em um encontro de uma hora e trinta minutos, totalizando duas aulas de 45 minutos. Estavam presentes 18 alunos que ficaram divididos em cinco grupos, em média 3 a 4 participantes. Novamente, houve uma queda no número de participantes na aula, no último encontro eram 26 alunos, ou seja, oito alunos a menos.

Compreendemos a redução do número de participantes nesse momento como uma consequência do momento do desenvolvimento do experimento didático, pois o mesmo aconteceu no final de novembro e início de dezembro, muitos alunos já haviam passado de ano e já não estavam mais frequentando a escola. No dia desse encontro, os alunos que conseguiram a aprovação em todas as disciplinas já estavam dispensados das aulas, assim, parte dos 18 alunos presentes nessa aula, foram à escola apenas para participar da atividade, alguns dos que estavam presentes tinham outras atividades obrigatórias na escola, como aula de reforço, porém participar da aula de Física foi opcional para todos os 18. Essa atitude dos alunos em participar do desenvolvimento do experimento didático de forma espontânea e sem nenhum tipo de gratificação ou nota mostra o interesse dos alunos em aprender o conteúdo que estava sendo trabalhado, também é um forte indício de que os motivos para aprender o conteúdo foram despertados, pois, não estavam ali em busca de nota e sim de conhecimento.

Nesse encontro, foi desenvolvido a atividade de ensino 5 com o título de Lentes (Apêndice I), o objetivo foi entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente. Para a atividade prática foram usados os materiais apresentados na Figura 15, conjunto de lentes, laser duplo e câmara escura de orifício com lente.

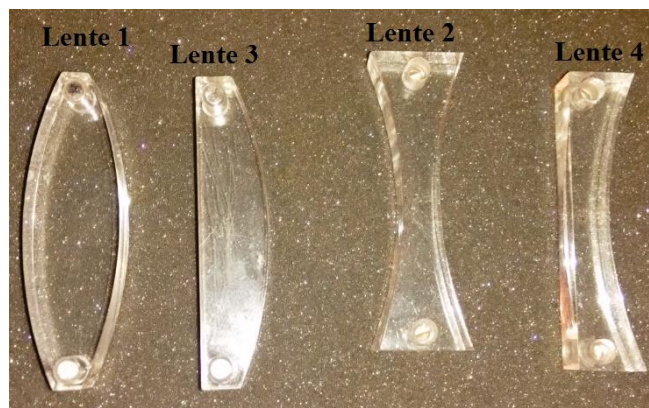
**Figura 15 - Materiais utilizados na atividade de ensino 5**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Cada grupo recebeu, inicialmente, a folha com a atividade de ensino, um conjunto com quatro lentes e um laser duplo. Para não revelar dicas sobre a semelhança das lentes, não foi passado o nome das lentes para os alunos, elas foram desenhadas no quadro e numeradas conforme a figura 16.

**Figura 16 - Nomenclatura utilizada para cada uma das lentes**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Optou-se por não colocar o nome científico das lentes, pois isso poderia influenciar nas formulações de algumas respostas às questões, como na questão 1 que pedia para agrupar as lentes por características em comum. O intuito era que os alunos por meio de observações, separassem as lentes primeiramente por semelhança física e depois pelo fenômeno que acontecia com a luz quando passavam pelas lentes.

A primeira tarefa da atividade de ensino propunha aos alunos que agrupassem as lentes por características físicas em comum. Abaixo são apresentados uma síntese da resposta que cada grupo deu a atividade de ensino.

Grupo 1: são aparentemente diferentes.

Grupo 2: não compareceu a esse encontro.

Grupo 3: as lentes 2 e 4 tem características comuns, elas se encaixam.

Grupo 4: as lentes 2 e 4 são semelhantes pelo côncavo, e as lentes 3 e 1 tem a superfície redonda.

Grupo 5: todas as lentes são transparentes e do mesmo tamanho. As lentes 1 e 3 apresentam-se arredondadas e a 2 e 4 de traços retos.

Grupo 6: as lentes 1 e 3 são semelhantes por conta de seus formatos, do mesmo modo a 2 e 4.

Analisando as respostas, é possível verificar que quatro grupos apresentaram o agrupamento correto, apesar do Grupo 3 só ter citado as lentes 2 e 4. O Grupo 4 apresenta uma palavra associada ao estudo das lentes, côncavo, porém apenas pelo texto escrito na atividade não é possível identificar se os alunos usam esse termo com consciência da diferença entre côncavo e convexo. O Grupo 5 também faz associações com superfícies arredondadas e traços mais retos. Apesar de cada um usar critérios e explicações diferentes, visualmente os grupos conseguiram agrupar as lentes côncavas e convexas de forma adequada à classificação científica.

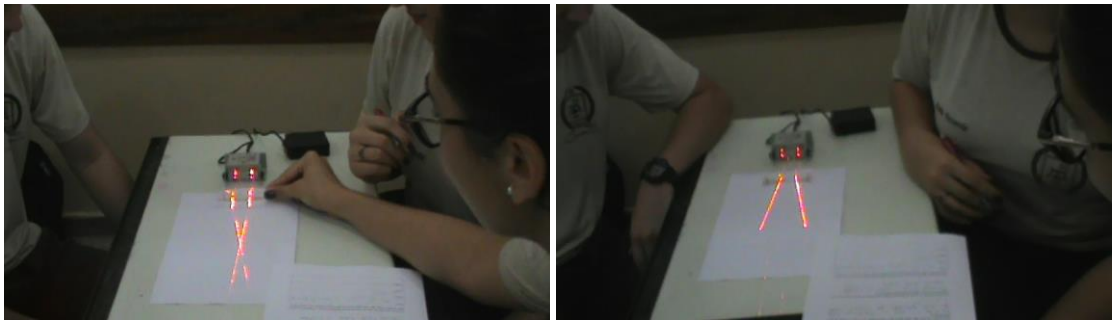
A questão 2 da atividade pediu para que os alunos olhassem letras em um papel através das lentes 1 e 2 e que descrevesse o que observaram, tentando explicar. Os Grupos 4, 5 e 6 foram unânimes em dizer que a lente 1 aumentava as letras e a 2 diminuía. O Grupo 1 usou a classificação de que a lente 1 é para perto e a 2 para ver de longe, já o Grupo 3 relataram que as letras apresentaram alterações de tamanho ficando maior.

Para tentar explicar o porquê uma lente aumentava e a outra diminuía as letras os alunos falaram sobre a distância que a lente estava do papel, dizendo que conforme a distância aumentava a alteração de tamanho das letras também aumentava, dois grupos utilizaram a seguinte explicação: “As hipóteses que tiramos foi que as lentes estão ligadas ao grau de visão, onde aumenta e diminui.” (Grupo 5). “Pode ser explicada pela lei da divergência e

convergência.” (Grupo 4). Os alunos ainda não conseguiram explicar muito bem a influência das lentes no tamanho da letra, alegaram não ter nenhuma hipótese, porém, ao seguirem com a atividade é possível notar que as ideias vão evoluindo e explicações mais claras vão aparecendo.

Na questão 3, os alunos precisavam colocar cada uma das lentes na frente do laser e relatar o que aconteceu com os feixes de luz, assim como mostra a figura 17. Todos os grupos fizeram o relato, como era uma questão de verificação não tiveram respostas incorretas, somente variou o termo que cada grupo usou para dizer que em duas das lentes os raios convergiam e nas outras duas divergiam. Apareceram os seguintes termos para os raios que convergem: se encontra, convergência, se cruzam e se interceptam, três grupos fizeram observação na lente 3, dizendo que os raios se cruzavam, porém, com uma distância maior da lente comparado aos raios da lente 1. Para as lentes divergentes apareceram os seguintes termos: não se encontram, se afastam, os raios de luz abrem, vão em direções opostas e não se interceptam.

**Figura 17 - Experimento com as lentes**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Analisando as questões 4 e 5, os grupos chegaram a mesma conclusão da questão 1, agrupando, as lentes 1 e 3 que apresentam características iguais, raios convergentes, e as lentes 2 e 4 que os raios divergem, mesmo agrupamento que 4 dos 5 grupos haviam usado na questão 1, que pedia um agrupamento apenas pelo formato da lente. Apenas o Grupo 1 tinha respondido que não havia semelhança entre as lentes, e agora na questão 5 disseram que conseguiram agrupar, pois “o laser nos possibilitou ter outra visão das lentes” (Grupo 1).

Os alunos, ao realizarem a experiência com os lasers, assim como mostra a Figura 17, além de agrupar as lentes conforme o fenômeno que acontecia ao serem colocadas diante o feixe de luz, eles precisavam criar explicações para o desvio que a luz sofria. O diálogo abaixo relata o momento em que um dos grupos conseguiu associar o conceito de refração a

propagação da luz nas lentes, o conceito de refração foi estudado pelos alunos no terceiro bimestre dentro do conteúdo de fenômenos ondulatórios.

**Professora:** o que vocês acham que as lentes fazem, que em uma hora os raios de luz estão mais abertos e outra hora se cruzam?

**Aluno 09:** ela muda o sentido de propagação da luz.

**Aluno 17:** é refração!!!! É Refração!

**Professora:** por que você acha que ela sofre refração?

**Aluno 17:** agora complicou (risos).

**Professora:** então, qual era o conceito de refração que estudamos?

**Aluno 17:** agora tô confundindo com difração. Me ajuda aí gente.

Os alunos conseguiram lembrar-se de um dos conceitos que foi trabalhado no conteúdo ondulatória no terceiro bimestre, porém, nesse momento ainda tiveram dificuldade de explicar como acontece a refração nas lentes. Em um segundo momento o grupo chamou a professora novamente e continuou a conversa sobre refração.

**Aluno 17:** professora, eu olhei no meu caderno e diz que quando uma onda muda de meio a velocidade altera, mas, o quê que isso tem haver com a lente?

**Professora:** vamos pensar um pouquinho...

**Aluno 17:** ah, não professora! me ajuda!

**Professora:** o que acontece com a luz quando passa por dentro da lente? Ela estava em que meio?

**Aluno 18:** ela estava no ar.

**Professora:** então, o que acontece quando o laser incide na lente?

**Aluno 17:** ela passa para outra superfície.

**Professora:** então o que a luz está fazendo?

**Aluno 09:** mudando de meio.

**Aluno 17:** então a luz vai se refratar dentro da lente?

**Professora:** a luz passa do ar para a lente e depois da lente para o ar, mudando de meio e alterando a trajetória de propagação.

O episódio descrito acima, mostra o interesse dos alunos em buscar explicações, pois, apesar de ter consultado o caderno para lembrar o conceito de refração da luz, eles foram autônomos na busca por conhecimento. Essa busca autônoma pelo conhecimento é um dos objetivos do ensino desenvolvimental: “Inicialmente, os alunos não conseguem realizar as tarefas e executar as ações sozinhos, mas, gradativamente, adquirem os conceitos como ferramentas mentais básicas e, assim, adquirem autonomia e independência na realização das tarefas.” (PERES; FREITAS, 2014, p. 24).

A mudança de postura dos alunos é notável, após sete aulas desenvolvendo as atividades eles já conseguem chegar a conclusões de forma organizada e independente. Os alunos ainda questionam muito a professora para chegar às respostas, a maioria dos grupos

quer a certificação de que as suas conclusões estão corretas antes de escrever, isso era esperado, já que os alunos vêm de uma tradição de ensino voltada para o resultado final, no qual o que está no papel precisa estar correto, no qual os termos usados precisam coincidir com aqueles que estão no livro. A preocupação com esses fatores ficam nítidas nas transcrições das aulas, pois em vários momentos os alunos questionam a professora sobre os termos científicos, no trecho abaixo querem usar o termo divergente.

**Aluno 09:** e na outra... eu não sei essa palavra... vai pros lados.

**Aluno 18:** espalha.

**Aluno 08:** como é mesmo o nome professora?

**Professora:** pode colocar com as palavras de vocês, por exemplo, vocês falaram espalha, então coloquem que ela espalha.

Em vários momentos a professora precisa explicar que eles podem usar as próprias palavras para descreverem o fenômeno, porém eles ainda insistem em querer o termo como o livro usa. É fato que, apesar dos vários questionamentos dirigidos a professora a postura dos alunos mudou, as perguntas não são mais no sentido de obter uma resposta pronta e rápida, agora estão voltadas para entender o fenômeno que está acontecendo. Em alguns diálogos não há a presença da professora, os alunos se organizam e conversam entre si, o trecho abaixo é um exemplo.

**Aluno 19:** a imagem da câmara escura com a lente é formada com a mesma nitidez da imagem da câmara escura da aula anterior?

**Aluno 11:** não, acho que por causa da lente.

**Aluno 19:** é menos nítida a de hoje.

**Aluno 11:** não, a de hoje é muito mais nítida.

**Aluno 19:** não é!

**Aluno 11:** eu achei que a imagem ficou maior e melhor.

**Aluno 19:** ela ficou maior, mas ela não ficou nítida, quer ver, vou olhar de novo. Ela não ficou nítida.

**Aluno 11:** você tem que focar, meche no negócio aí.

**Aluno 19:** o colega ficou embaçadinho.

**Aluno 04:** dá para dar mais foco na imagem.

**Aluno 11:** agora me veio uma dúvida, a lente que colocou aí é da mesma “finura” que essas aqui?

**Aluno 19:** nossa olha o tamanho dessa lente (1), claro que é mais fina.

**Aluno 04:** dá para arrumar o foco, se não você também fica embaçada.

**Aluno 19:** agora dá para ver bem melhor.

**Aluno 04:** quando aproxima demais do orifício tira o foco da imagem.

**Aluno 19:** agora pede para a gente criar uma hipótese para explicar esse fato.

**Aluno 11:** porque não dá o distanciamento para a luz passar pela lente.

**Aluno 19:** então cria uma sombra?

**Aluno 04:** não, uai. Não tem espaço.

**Aluno 19:** então para a luz não passar vai criar o que?

**Aluno 11:** não porque quando a luz passa aqui ela não tem distância.

**Aluno 19:** então tem uma barreira.

**Aluno 11:** é como se fosse a imagem batendo bem de perto aqui, aí não dá para ver, porque quando esse negócio aqui está bem perto, a luz não tem distância para bater e formar a imagem. Aí quando você vai afastando, você vai aumentando o espaço.

O diálogo descrito acima mostra como os alunos foram autônomos nesse debate e não houve interferência da professora. Primeiro, o aluno 19 comenta que a câmara escura de orifício pequeno forma imagem mais nítida e os colegas, por meio de experimentos, conseguem o convencer de que ele está errado. Logo em seguida, começam a conversar sobre o anteparo estar encostado no orifício com a lente, novamente o aluno 19 apresenta uma ideia equivocada, dizendo que não há formação de imagens, pois há sombra, o aluno associa a não formação da imagem com algo que impeça a passagem da luz, assim como aconteceu na atividade de ensino 2, luz e sombras. Os colegas, mesmo sem usar a descrição correta, conseguem explicar que não houve espaço para a formação da imagem, o aluno 11 explica que como anteparo e orifício estão encostados não há como formar imagem, em outras palavras ele quis dizer que o anteparo está fora do foco, no qual forma a imagem.

**Aluno 19:** na opinião do grupo o que esse dispositivo faz para que a imagem fique melhor?

**Aluno 11:** por causa da lente ele tem uma focagem melhor.

**Aluno 19:** a lente aumenta a imagem?

**Aluno 11:** ela amplia a luz.

**Aluno 19:** A luz?

**Aluno 11:** não a luz, ela recolhe mais, por causa do buraco que é maior.

**Aluno 19:** mas e aí? O que eu vou escrever? Tá confuso.

**Aluno 11:** cada um dá sua opinião, aí a gente faz uma discussão e vê o que coloca.

**Aluno 04:** o buraco é maior, aí entra mais luz aí com a lente da para focar mais.

**Aluno 05:** Eu não sei, falem vocês aí.

**Aluno 11:** eu ainda acho que a lente aumenta a captura de luz, ela recolhe mais luz para formar a imagem.

**Aluno 19:** aí que agonia

**Aluno 11:** apesar do orifício ser maior, eu acho que a lente ela foca a luz. Se já viu quando você coloca ela no sol e ela queimas as coisas, ela junta toda a luz só em um ponto..

**Aluno 19:** é com qual lente a da câmara se assemelha, convergente ou divergente?

**Aluno 11:** Eu acho que é convergente. Cara essa câmara é muito show, dá para tirar umas fotos bem legais, olha você de cabeça para baixo.

**Professora:** e o que seria esse foco? Agora vamos tentar juntar os dois experimentos que fizemos hoje, a primeira parte com lentes e a outra com a câmara escura.

**Aluno 04:** o foco é onde faz aquele X.

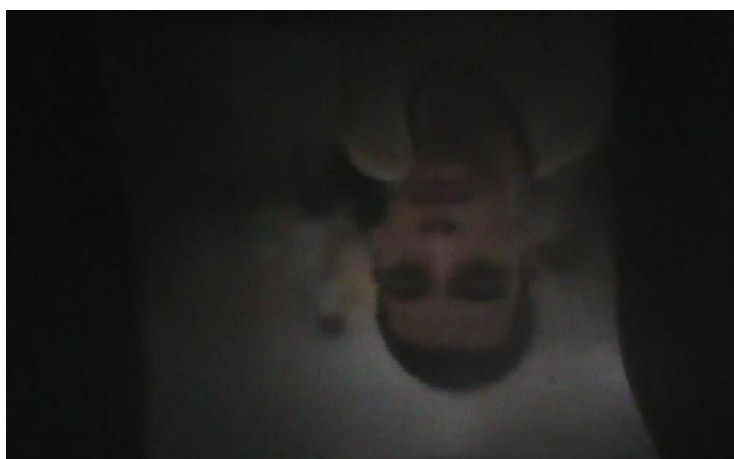
**Aluno 14:** é onde aqueles dois raios se encontram que dá para ver a imagem.

Em seguida, começaram a conversar sobre o porquê a lente faz com que a imagem fique melhor, as considerações começam associando o tamanho do orifício e a quantidade de entrada de luz, os alunos tiveram dificuldades em formular uma explicação, tentaram organizar um debate quando pedem para que cada um emita sua opinião para depois formularem a resposta final. Nesse trecho, é possível constatar que nem todos os alunos estão interessados no debate e na explicação do fenômeno: o aluno 05, por exemplo, não participa do debate e não emite sua opinião, isso também acontece na proposta desenvolvida por Borges (2016), no qual ela afirma que nem todos os alunos se empenharam nas atividades, pois, cada aluno é diferente do outro e desperta o desejo de aprender por formas diferentes.

Os alunos começam a associar a lente à existência de um foco e conseguem entender a formação de uma imagem mais nítida quando associam a imagem formada na câmara escura a junção dos raios em uma lente exposta ao Sol. Eles conseguem entender que a imagem é formada na câmara escura no ponto onde os raios de luz convergem.

A atividade com a câmara escura com lente foi produtiva, os alunos ficaram curiosos e admirados com a nitidez da imagem formada, a figura 18 mostra uma fotografia de uma imagem formada na câmara escura. Além da curiosidade eles conseguiram concluir que a câmara escura era formada por uma lente convergente, pois ela reunia os raios de luz no anteparo para formar uma imagem de qualidade melhor.

**Figura 18- Imagem formada na câmara escura de orifício com lente**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Todos os grupos escreveram que a imagem na câmara escura ficou maior e mais nítida se comparado à prática da aula anterior, “A câmara escura tem uma imagem bem mais nítida que a anterior é como se fosse uma imagem fotográfica” (Grupo 5). Os alunos ficaram



impressionados com a qualidade da imagem, isso é possível notar na resposta do Grupo 5 e na fala do aluno 11 “*Cara essa câmara é muito show, dá para tirar umas fotos bem legais, olha você de cabeça para baixo.*”, nessa fala o aluno se refere a imagem mostrada na figura 18.

Outra conclusão importante que os alunos chegaram com essa atividade foi sobre a posição em que a imagem seria formada, no debate e nas respostas dos grupos apareceram muitas vezes a palavra foco, que é um conceito importante para entender como é formada a imagem no olho humano. Inicialmente, usavam foco associado à nitidez da imagem, porém, nas três últimas falas do diálogo, que foi relatado anteriormente, é possível concluir que eles conseguiram associar a palavra foco ao local onde a imagem era formada e ainda comparam o foco da câmara escura com o foco da lente convergente, no qual afirmam que é onde os feixes de luz se cruzam.

Outra evidência que os alunos conseguiram compreender como acontece a formação da imagem está na resposta dada pelo grupo 3 a questão 9 da atividade de ensino: mexam na parte móvel da câmara escura, aproximem essa parte do orifício e depois afastem. Descrevam o que aconteceu com a imagem quando vocês movimentaram o anteparo e tentem criar uma hipótese para explicar esse fenômeno. “Quando afastamos o anteparo é possível notar que a nitidez é maior, isso ocorre porque a lente tem seu ponto de foco, tanto é que se afastarmos demais a imagem borra novamente. (Grupo 3)”.

O objetivo dessa unidade didática era fazer com que os alunos entendessem a função de uma lente e diferenciassem lente convergente de lente divergente. Todos os grupos conseguiram agrupar as lentes divergentes e convergente de forma correta na questão 6, o que demonstra que conseguiram diferenciar as duas lentes, entendendo que na convergente os raios se aproximam, ou seja, se cruzam e na divergente os raios se afastam. Também conseguiram entender que a lente foi usada na câmara escura para melhorar a formação da imagem, fazendo com que os raios de luz se convergissem em um único ponto, o foco.

Para finalizar a atividade, os alunos precisavam classificar a lente usada na câmara escura em divergente ou convergente, pelos diálogos analisados é possível constatar que a maior parte dos grupos classificou em convergente. Analisando as respostas na folha de atividades, 3 grupos colocaram que a lente usada na câmara é convergente e se assemelha com as lentes 1 e 3 da atividade, 1 grupo colocou que ela é divergente e justificou que ela possibilita enxergar de longe e 1 grupo escreveu que ela se assemelha a da lupa.

Na atividade de ensino da unidade didática 3, os alunos apresentaram uma maior participação, os debates foram produtivos e a maior parte dos alunos se empenhou em responder as questões. As atividades práticas podem ser um dos fatores que influenciaram a

maior participação, foi visível a empolgação em manusear o laser e as lentes, assim como a surpresa em ver uma imagem tão nítida, comparada pelos alunos a uma fotografia, em um dispositivo tão simples como a câmara escura. Esses fatores influenciaram a aula positivamente, fomentando o debate entre os alunos, que conseguiram aprender os conceitos de forma muito independente e autônoma.

### **3.5 Análise da quarta unidade didática**

A quarta unidade didática foi desenvolvida no dia 05 de dezembro de 2016, teve duração de uma hora e trinta minutos, duas aulas de 45 minutos. Contou com a presença de 20 alunos que ficaram divididos em cinco grupos, o número de alunos no último encontro foi maior se comparado ao anterior que tinha 18 alunos presentes.

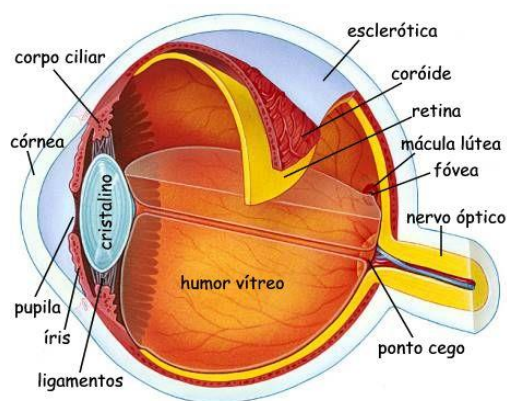
As duas últimas aulas do experimento didático foram realizadas no turno vespertino e contou com apoio e desejo dos alunos em irem para a escola em um horário que não fosse o de aula. Como já citado anteriormente, no momento de finalização da aplicação da sequência didática a escola já estava em período de recuperação, assim os horários já haviam sido montados e a professora não teria como dar as duas últimas aulas no período matutino, foi feito um convite aos alunos para irem à escola no contra turno para finalizar as atividades, e o número de presentes no último encontro foi significativo, mais de 50% da turma compareceu.

No último encontro, aulas 10 e 11 do experimento didático, foi desenvolvida a atividade de ensino 6, com o título de Olho humano (Apêndice J), o objetivo foi compreender como acontece a formação de imagem no globo ocular e ao final do encontro, avaliar a metodologia utilizada nas aulas.

Além da atividade de ensino, também foram utilizados os seguintes materiais: uma imagem do olho humano impressa, laser duplo, slide com imagem do olho humano, nomenclaturas e lentes. Além desses materiais, também foi exibido o episódio “5 sentidos” da série viagem fantástica, apresentada pela TV Globo em 2012.

A aula iniciou-se com a professora projetando a imagem de um olho humano, figura 21, e falando sobre algumas partes do olho, nesse momento foram apenas citados o nome científico e a função, por exemplo: Pupila, é a abertura central da íris, por onde a luz entra, e seu diâmetro varia conforme a intensidade da luz que recebe. Nem todas as partes que estão nomeadas na Figura 19 foram trabalhadas com os alunos, focou-se nas seguintes partes: córnea, íris, pupila, cristalino, retina e nervo óptico.

**Figura 19- Imagem do olho humano projetada para os alunos**



Fonte: <https://olhohumano.wordpress.com/>

Logo em seguida, os alunos receberam a atividade de ensino e começaram a debater e responder. A primeira questão pedia para que o grupo desenhasse os raios de luz, externa e internamente, para que fosse formada uma imagem no globo ocular. Os alunos apresentaram dificuldades em compreender o que deveria ser feito e precisaram de intervenção da professora para entender a questão.

**Aluno 15:** a gente não está sabendo como colocar o desenho.

**Aluno 18:** o que é para fazer mesmo, professora?

**Professora:** pode fazer riscos, vocês vão representar os raios de luz.

**Aluno 14:** professora está certo?

**Professora:** gente, a primeira questão é para colocar como vocês acham que é, não tem necessidade de estar certo.

**Aluno 14:** então está errado, vou apagar.

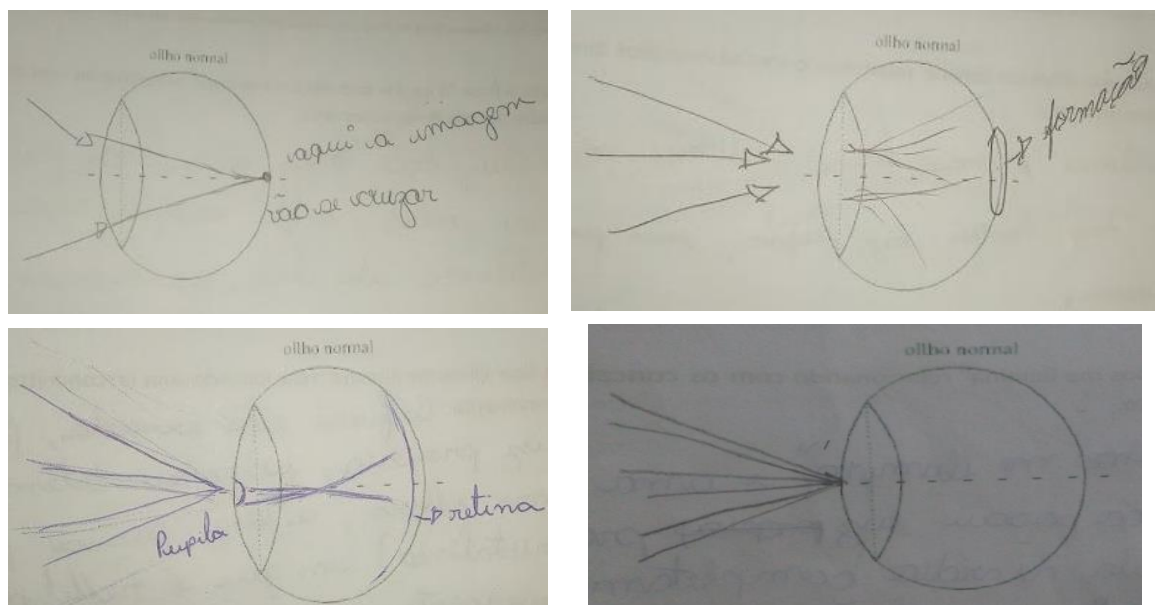
**Professora:** não! Deixa do jeito que vocês pensaram, abaixo vocês terão a chance de desenhar da forma que acharem que é correta.

**Aluno 13:** tem que desenhar dentro do olho também?

**Professora:** sim.

O trecho do diálogo evidencia que os alunos ficaram em dúvidas quanto ao que foi solicitado na questão, além disso a preocupação com a resposta correta está presente novamente no diálogo dos alunos. Na figura 20, é mostrada a conclusão de alguns grupos sobre a resposta da questão 1, é possível perceber que as representações apresentam alguns conceitos corretos, porém nenhum desenho com a configuração correta dos raios de luz.

**Figura 20- Resposta da questão um dos grupos 1, 2, 4 e 5**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Ao analisar as respostas expostas na Figura 20, é possível verificar que todos os grupos representam os raios de luz entrando na pupila de forma parecida, os raios não entram paralelamente e se convergem na pupila. A representação dos alunos se assemelha muito ao desenho feito para explicar a formação de imagem na câmara escura, talvez isso tenha ocorrido pela semelhança entre o desenho do olho e o da câmara escura. Os raios se convergem após a passagem pelo cristalino e isso acontece no interior do olho, e não externamente como o representado.

Neste momento da análise, cabe ressaltar que a analogia entre câmara escura e olho humano pode ter levado os alunos a uma concepção equivocada da projeção dos raios de luz para a formação de imagem no olho. Os dois dispositivos têm funcionamentos semelhantes, porém o cruzamento dos raios luminosos se dão em locais diferentes para a formação de imagem, e isso deveria ter sido esclarecido pela professora no momento das aulas.

O olho humano é um sistema com lentes convergentes, no qual a refração tem papel fundamental para a formação de imagens, além disso, na representação da trajetória dos raios de luz na câmara escura, os cruzamentos dos raios de luz acontecem no orifício da câmara, diferentemente do olho que esse cruzamento deve acontecer na retina para garantir a formação de uma imagem nítida. Dessa forma, a analogia sem as devidas ressalvas pode ter feito que os

alunos pensassem que há esse mesmo cruzamento na íris (que funciona como o orifício da câmara escura).

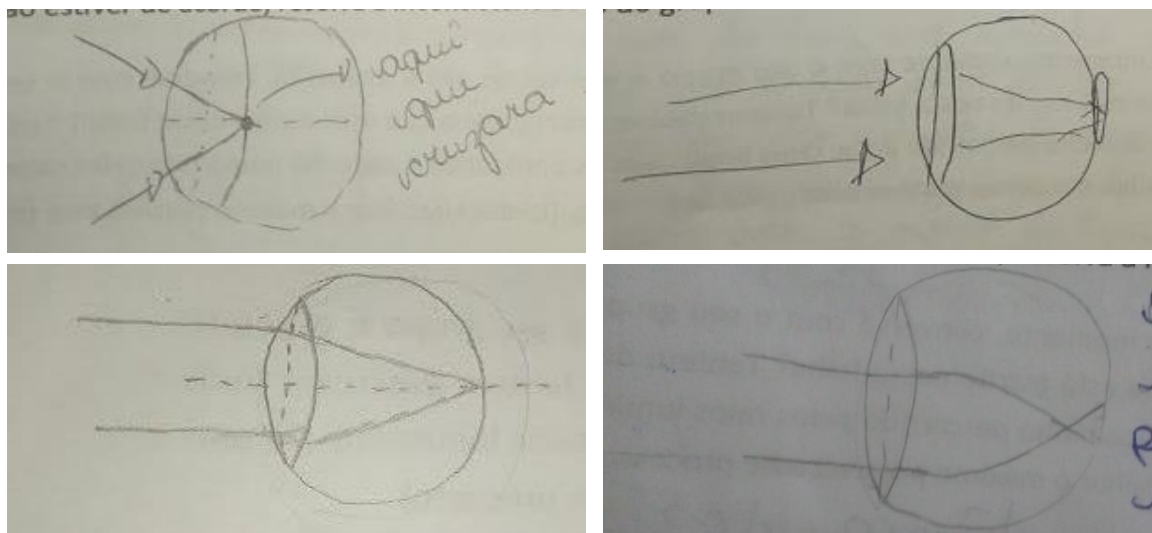
As ilustrações apontam que os grupos entendem que para a formação de imagem, os raios de luz devem convergir, porém cada grupo representa essa conversão em um ponto diferente do globo ocular, sendo que a primeira representação aponta o local correto onde os raios devem convergir. Apesar de saberem que os raios se cruzam, os grupos ainda confundem qual local isso ocorre.

Em seguida, foi executado na sala de aula uma demonstração utilizando a figura do olho humano, uma lente e o laser duplo, de como seria o caminho dos raios luminosos fora e dentro do olho, após a demonstração foi solicitado aos alunos que respondessem à questão 2 da atividade, que pedia que o grupo analisasse a questão 1 e no caso de inconsistências refizesse a questão. Os grupos responderam à questão dois corrigindo o modelo criado na questão 1.

Cabe ressaltar que foi anunciado que na última unidade didática os alunos ficaram divididos em cinco grupos, porém aparecerá a numeração dos grupos de 1 ao 6 nas análises, isso aconteceu devido ao fato de que o grupo que teve menor número de participantes nesse encontro foi o grupo 3, assim como compareceram apenas dois integrantes desse grupo esses alunos se reagruparam com o grupo 1 que também estava com menor número de participantes. Dessa forma, para não ter que mudar a nomenclatura dos grupos no último encontro decidiu-se manter a numeração já atribuída desde o início do trabalho.

Quatro dos cinco grupos fizeram um novo desenho para representar a propagação dos raios de luz dentro e fora do olho, Figura 21. O grupo 4 optou por escrever as novas conclusões ao invés de desenhar. Nesse momento os alunos reformulam o modelo criado na questão número 1, apresentando uma explicação mais próxima da científica.

**Figura 21 - Resposta da questão dois dos grupos 1, 2, 5 e 6**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Analisando os desenhos, é perceptível que o grupo 1 ainda mantém uma representação incorreta, pois os raios de luz incidem no globo ocular e convergem em um ponto que não é a retina. É possível que eles não tenham visto o momento em que foi feita a demonstração pela professora, ou mesmo que tenham confundido no momento de desenhar, pois, na questão 1 o grupo que mais se aproximou da representação correta foram eles, mostrando que os raios de luz se cruzavam na retina. Nessa questão, os alunos precisavam usar o modelo construído na aula de câmara escura com lentes na formação de imagem do olho humano. Essa complexidade de duas situações, raios que se cruzam da câmara escura e raios que convergem das lentes parece que criou uma dificuldade no momento dos desenhos.

Na prática de câmara escura, os grupos concluíram que a imagem se formava mais nítida, pois a lente fazia com que os feixes de luz se convergissem no anteparo, nessa atividade eles precisavam associar o anteparo à retina do olho, concluindo que para que uma pessoa consiga ver um objeto perfeitamente, os raios de luz devem convergir na retina.

Os outros modelos estão dentro do esperado, pois foi feita a demonstração com os alunos usando laser e a folha com a imagem do olho, na qual era mostrado os caminhos dos raios de luz até incidirem na retina. A resposta do grupo 4 a essa questão também deixa claro que eles entenderam porque os raios de luz não poderiam se cruzar no ponto onde eles desenharam na Figura 20.

O raio de luz irá incidir na retina, no desenho feito o raio se cruza um pouco antes, mas, na experiência ela se cruza na retina formando a imagem no

foco, ou seja, o desenho realizado estava errado, para que a imagem seja formada o raio de luz deve se cruzar na retina. (Grupo 4).

A questão 3 solicitava aos alunos que classificassem o cristalino em lente convergente e divergente. Para responder essa questão, os alunos deveriam retomar os conceitos aprendidos na aula anterior e lembrar como são as configurações dos raios de luz que passam por uma lente convergente e por uma divergente.

Os cinco grupos responderam que o cristalino é uma lente convergente, demonstrando que se lembraram do que foi trabalhado no encontro anterior. Os grupos também justificaram o porquê de ser uma lente convergente, a ideia central das cinco respostas foi à questão do encontro dos raios luminosos, ou seja, eles se cruzam. “O cristalino de nosso olho é convergente, pois, os raios se encontram na retina do olho” (Grupo 5).

Na questão 4, os grupos deveriam associar o olho humano a câmara escura, novamente essa questão exigia que os alunos retomassem conceitos que foram trabalhados nas aulas anteriores, como o da propagação retilínea da luz que faz com a imagem se forme invertida. A principal característica em comum apontada pelos grupos, foi à existência de uma lente convergente tanto na câmara escura quanto no olho humano. “Na câmara escura, a visão era possível através de uma lente (foco), no nosso olho temos o cristalino que funciona do mesmo modo que a lente.” (Grupo 6).

Para a resposta da questão 4, apareceram algumas variações, apesar de na maior parte falarem das lentes, alguns pontos essenciais foram destacados pelos grupos. “Enxergamos a imagem de forma invertida, nosso cérebro tem função de torna - lá na forma correta, a câmara é um protótipo do nosso olho.” (Grupo 5). “O olho funciona como a câmara escura, onde a luz vem com propagação retilínea e a independência dos raios luminosos.” (Grupo 1). Nas respostas transcritas, é possível identificar a questão da formação da imagem invertida e dois princípios de propagação da luz que foram trabalhados nos encontros iniciais, isso demonstra que os alunos conseguiram associar os conceitos trabalhados nas aulas anteriores a formação de imagem no olho humano.

Na questão 5, os alunos deveriam conversar entre seus pares e comentar a frase “a luz dos seus olhos me ilumina” do ponto de vista dos conceitos trabalhados até o momento. A questão gerou bastante debate entre os grupos e revelou que os alunos conseguiram argumentar e explicar a importância da luz para enxergar um objeto, assim como pontuar o caminho percorrido pela luz até atingir os olhos.

**Aluno 20:** os olhos não soltam luz.

**Aluno 16:** não iluminam ninguém.

**Aluno 02:** a luz que ilumina os olhos e faz com que reflitam no objeto.

**Aluno07:** não! Vamos do inicio.

**Aluno 02:** a luz solar bate no olho humano e reflete nas coisas?

**Aluno 16:** não, o objeto que reflete a luz para o olho humano e assim que a gente vê a imagem.

**Aluno 20:** a luz bate no objeto e do objeto vem para o olho.

**Aluno 02:** ah! sim.

**Professora:** como é que é?

**Aluno 02:** a luz bate no objeto e do objeto que ela vem para o olho.

**Aluno 16:** então esse texto não tá certo, esta errado não está?

**Aluno 07:** está errado.

**Aluno 02:** porque eu nunca via a luz no olho iluminar nada.

**Aluno 20:** o olho não tem luz própria.

**Professora:** como você sabe disso?

**Aluno 07:** porque quando a gente está em uma sala toda escura a gente não consegue enxergar nada.

**Aluno 02:** se o olho tivesse luz, a gente ia conseguir ver!

No início do trecho transcrito, o aluno 02 se mostra confuso e ainda apresenta concepções como a dos raios visuais que foi trabalhada na unidade didática 1, porém, no diálogo com as colegas ele foi percebendo que sua ideia estava equivocada e, ao final, consegue entender que a luz não vem dos olhos para o objeto, e sim ao contrário. Esse diálogo mais uma vez evidencia a importância do trabalho em grupo, do debate para a formação do pensamento teórico.

[...] o desenvolvimento individual depende do desenvolvimento do coletivo. A atividade cognitiva é inseparável do meio cultural, tendo lugar em um sistema interpessoal de forma que, através das interações com esse meio, os alunos aprendem os instrumentos cognitivos e comunicativos de sua cultura. (LIBÂNEO, 2004, p.15).

É na interação entre os alunos que os conceitos vão se formando, mas, para que isso aconteça, é importante que no grupo haja alunos com níveis de conhecimentos diferentes, pois nessa interação um aluno colabora com o outro. Segundo Borges (2016), essa interação permite que os mais experientes auxiliem aqueles que possuem maior dificuldade e dessa forma é possível que todos compreendam o conceito que está sendo trabalhado.

Os debates sobre a questão 5 ocorreram em todos os grupos, os cinco afirmaram que a frase estava incorreta. Nas justificativas, os alunos usaram a atividade sala do nada para argumentar que no escuro não é possível enxergar, isso fica evidente na resposta do Grupo 5, “A luz dos seus olhos me ilumina, é uma frase incorreta, pois, nossos olhos não possuem luz própria, tivemos uma aula na sala de vídeo que estava completamente escura, isso só afirmou nossa conclusão” (Grupo 5). A atividade da sala escura teve impacto sobre os alunos, durante



a realização da atividade a maior parte dos alunos acreditava que conseguiria ver objetos de cor clara dentro da sala, mas, após a realização da atividade a maior parte da sala entendeu a importância da luz na visualização de um objeto, o impacto dessa atividade também é perceptível na questão 6, na qual precisam explicar a formação da imagem no olho humano.

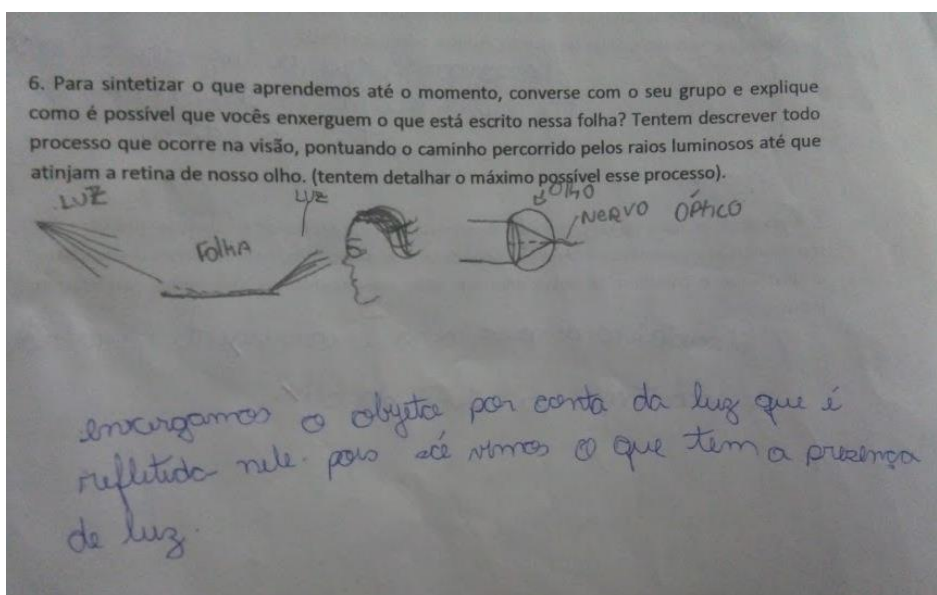
A questão 6 pedia aos alunos que escrevessem de forma detalhada o processo de visão. As respostas apresentadas pelos grupos não seguiram um padrão, teve grupos que desenharam, outros escreveram em poucas linhas e um escreveu relatando detalhes, abaixo serão relatadas as respostas apresentadas por cada um dos grupos.

Grupo 1: A luz reflete na folha que conseqüentemente vai para o nosso olho que entra pela pupila e passa pelo cristalino, onde a córnea aumenta o foco da imagem que é refletida dentro do olho e transportada pelo nervo óptico até o cérebro.

Grupo 2: Os raios de luz iluminam a folha e os olhos proporcionando a visão do objeto, a imagem passa pelo cristalino e chega ao interior dos olhos e é mandado para o cérebro pelo nervo óptico.

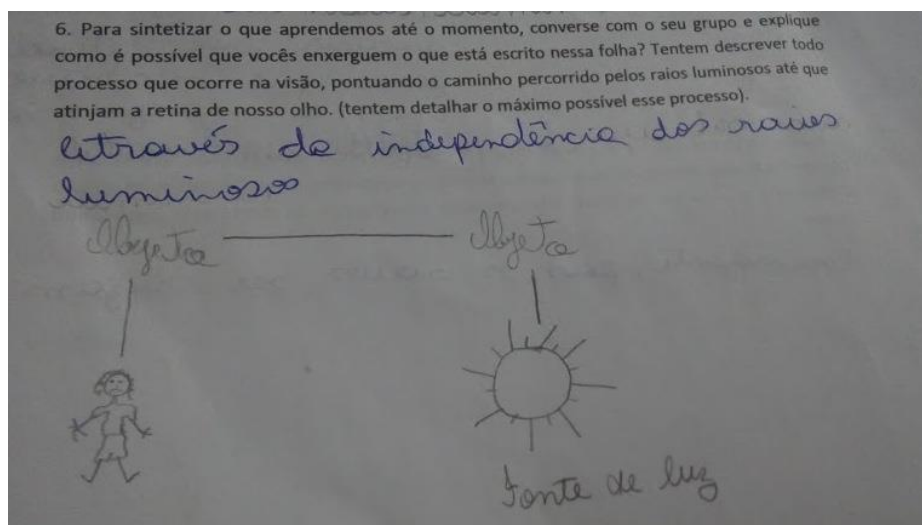
Grupo 4: O objeto é iluminado pelos raios de luz, essa luz reflete para os nossos olhos de forma retilínea, assim os raios são selecionados passando pela pupila, passa pelo cristalino (lente convergente – em que os raios se cruzam para formar uma imagem invertida), essa luz interceptar na retina, a imagem é formada e mandada como informação pelo nervo do olho, que é direcionado para o cérebro, onde a imagem é reformulada, ou seja, o olho é apenas um aparelho da visão, pois é no cérebro que a imagem é formada.

**Figura 22 - Resposta da questão seis do grupo 5**



Fonte: arquivo pessoal da autora

**Figura 23 - Resposta da questão seis do grupo 6**



Fonte: arquivo pessoal da autora

As respostas dos grupos 1 e 2 ficaram parecidas, não descreveram com detalhes o que acontece com a luz, e escrevem de forma resumida todo o processo. O grupo 2 escreve que a luz ilumina os olhos e o objeto, concepção que aparece na primeira aula do experimento quando é feita a leitura do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica”, no qual fala que é necessário que os olhos sejam iluminados para enxergar um objeto.

O grupo 4 apresentou a resposta mais completa, relatou todo o processo de formação de imagem com detalhes, usando os conceitos de propagação retilínea da luz, de seleção dos raios de luz por um orifício (pupila) e também o conhecimento sobre lentes. O grupo demonstrou ter aprendido os conceitos e conseguiu aplicar isso na formação de imagem no olho humano.

A figura 22 foi usada pelo grupo 5 para explicar a formação da imagem no olho humano, apesar de terem escrito pouco, o que é uma característica dos alunos dessa turma, muitos deles apresentam resistência quanto a escrita, o desenho representou todo o processo de formação de imagem no olho humano, os alunos não usaram palavras, mas o modelo construído retoma conceitos que foram trabalhados em encontros anteriores, como fonte de luz, reflexão da luz pelo objeto, propagação retilínea da luz, lentes e formação da imagem no foco da lente.

O grupo 6 também usou imagens, figura 23, para representar a formação da imagem no olho humano, porém a representação construída não deixou claro quais são os conceitos envolvidos e nem como acontece todo o processo. Analisando a resposta da questão 6 desse

grupo, é possível concluir que os integrantes não compreenderam bem os conceitos ou não conseguiram aplicá-los em uma situação mais complexa.

Nas respostas dos grupos transcritas anteriormente e com a análise das imagens é possível concluir que nem todos os grupos conseguiram atingir o objetivo geral do experimento didático que era entender como acontece o processo de formação de imagem no olho humano. As respostas apresentam níveis diferentes de compreensão do conteúdo.

Após o término da tarefa de ensino, a professora propôs para os alunos uma brincadeira chamada faça o que eu falo, mas, não faça o que eu faço, o objetivo era mostrar o quanto a visão é um sentido importante para o ser humano. A professora fez a seguinte fala para os alunos “Façam o que eu falo e não o que eu faço”, então deu comandos simples como mão na cabeça, no ombro, na barriga, no joelho e juntamente com o comando todos acompanhavam seguindo as instruções.

A professora deu alguns comandos e depois disse “mão na barriga”, porém colocou a mão na cabeça, o resultado foi que maior parte dos alunos seguiu a gesto que a professora fez e não a fala. A Figura 24 demonstra o momento em que foi dado o comando “mão na barriga”. O objetivo dessa atividade era promover a descontração da turma e mostrar o quanto os seres humanos são visuais.

**Figura 24 – Brincadeira faça o que eu falo, mas, não faça o que eu faço**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Em seguida, os alunos assistiram ao episódio “5 sentidos” da série viagem fantástica, esse episódio fala do desenvolvimento dos cinco sentidos humanos desde o nascimento, ele descreve como esses sentidos são aperfeiçoados com o passar dos meses. Relata que, ao nascer, a visão não é desenvolvida e o bebê enxerga tudo embaçado e sem cor devido à falta

de amadurecimento da retina, porém até os oito meses de idade todo o aparelho ocular já está desenvolvido.

Após a exibição do vídeo, os alunos formaram um círculo na sala cujo objetivo era conversar sobre tudo o que foi desenvolvido até o momento, responder alguns questionamentos sobre o conteúdo e ao final avaliar o experimento didático formativo que foi desenvolvido nas onze aulas. Para a retomada do conteúdo foram feitas algumas perguntas pela professora.

**Professora:** o que é necessário para enxergar um objeto?

**Alunos:** luz.

**Professora:** só luz?

**Aluno 16:** que tenha um objeto (risos).

**Professora:** e por que temos a formação de sombras?

**Aluno 16:** porque a luz não faz curva.

**Aluno 07:** ela é retilínea.

**Aluno 20:** Aí quando ela bate em um objeto ela não passa.

**Professora:** e por que os eclipses acontecem?

**Aluno 04:** porque, ou a Terra ou a Lua entra na trajetória dos raios solares.

**Professora:** e as lentes, o que aprenderam sobre lentes?

**Aluno 19:** elas podem ser convergentes ou divergentes.

**Professora:** o que é convergente?

**Aluno 20:** é quando os raios se cruzam.

**Professora:** e a divergente?

**Aluno 10:** é quando os raios se afastam.

**Professora:** como é uma lente convergente? Como é uma lente divergente? Tem alguma característica em comum entre elas?

**Aluno 04:** a convergente tem mais foco porque os raios se cruzam.

**Aluno 11:** Não, ela tem mais arredondado ( faz com a mão uma concavidade para cima).

**Aluno 10:** a convergente tem um formato oval. A divergente eu não lembro muito bem não.

**Aluno 19:** tem um côncavo.

**Aluno 20:** a convergente é a assim (faz sinal com a mão) e a divergente é assim (faz sinal com a mão)

Os alunos foram respondendo as perguntas de forma aleatória, só era introduzida uma nova pergunta quando já não havia mais comentário de nenhum aluno. No diálogo acima, fica claro que um vai complementando a fala do outro e que juntos conseguem responder as perguntas. Quando foi falado das características das lentes os alunos tiveram dificuldades em expressar em palavras as diferenças físicas entre as lentes convergentes e divergentes, conseguiram pontuar bem o que acontece quando os raios de luz atravessam cada uma das lentes, porém o formato de cada lente foi feito com o auxílio de gestos em sala, como não havia sido trabalhado a ideia de côncavo e convexo, os alunos usaram os termos arredondados para convexa e fizeram o símbolo da concavidade dessa lente com a mão. Apesar de terem

apresentado a dificuldade em falar, os gestos feitos em sala demonstraram que eles sabiam quais eram cada uma das lentes e souberam separá-las em divergente e convergente.

O último questionamento que foi feito aos alunos, para encerrar essa etapa da aula, foi sobre a formação da imagem no olho humano, eles teriam que comentar desde a fonte de luz até a formação da imagem na retina. Abaixo, estão transcritos alguns trechos das respostas dos alunos.

**Professora:** queria que vocês me falassem como acontece o processo de formação de imagem no olho, desde o objeto até chegar a nossa retina.

**Aluno 20:** os raios são selecionados pela pupila, ela vai passar pela córnea e vai bater na pupila, na pupila que entra, ela passa pelo cristalino que é a lente convergente, e aí ela vai para a retina onde a imagem é formada.

**Professora:** e o que tem que acontecer com o objeto para que a gente consiga enxergar ele?

**Aluno 18:** ele tem que ser iluminado.

**Professora:** e o que acontece quando ele é iluminado?

**Aluno 11:** a luz bate nele...

**Aluno 17:** aí ele reflete a luz em todas as direções.

**Professora:** isso, em todas as direções, e aí?

**Aluno 10:** nossos olhos fazem a seleção de alguns raios de luz

**Professora:** como a imagem forma dentro de nosso olho? Essa foi uma curiosidade que vocês apresentaram durante todo o processo.

**Aluno 12:** Invertida.

**Professora:** mas por que a gente enxerga direita?

**Alunos:** por causa do cérebro.

**Aluno 14:** não enxergamos com os olhos, sim com o cérebro.

No trecho do diálogo, é possível notar que a professora teve que intervir com perguntas para estimular as respostas dos alunos. Eles estavam mais tímidos para falar da formação da imagem no olho humano como um todo, o receio de errar era evidente, nesse momento era visível que eles comentavam entre si cada uma das perguntas feitas pela professora, mas na hora de socializar e falar em voz alta eram poucos que tinha coragem de expor suas ideias. Isso é comum entre os alunos, é sempre cobrado deles o acerto, então expor suas ideias e correr o risco de errar causa receio e timidez, fazendo com que a participação oral seja menos expressiva.

Além da timidez em responder ao último questionamento, é possível que os alunos tenham tido dificuldades em entender o processo como um todo, pois quando perguntado dos conceitos isoladamente, como: o que precisamos para enxergar? Por que há a formação de sombras? Como é formada uma imagem na câmara escura? O que são lentes convergentes e divergentes? Os alunos conseguem responder a essas perguntas, porém quando foi preciso relacionar todos os conceitos para explicar um único fenômeno, tiveram dificuldades. Não foi

somente em expressar-se oralmente, nas respostas escritas na questão 6 da atividade de ensino 6 (página 110) também foi detectada a dificuldade de alguns grupos em relatar todo o processo de formação da imagem. Uma das razões para essa dificuldade, pode ser um conceito que precisava ser abordado nas unidades e não foi feito, como por exemplo, fonte extensa de luz e formação de imagens nas lentes.

Ao determinar os conceitos que seriam necessários para a compreensão do conceito nuclear, a parte de formação de imagens em lentes não foi abordado, isso pode ter ocasionado a dificuldade dos alunos em representar os raios de luz na formação de imagem do olho humano. Vale ressaltar que os elementos que não foram trabalhados nessa pesquisa fazem parte de uma rede conceitual e que em um processo contínuo desta base teórica não se verificaria tal “lacuna”, pois os conceitos seriam trabalhados de forma gradual.

Outro fator que pode ter ocasionado a dificuldade é ressaltado por Chaiklin (1999), determinar um conceito nuclear em fases mais avançadas de ensino é uma tarefa complexa. Segundo o autor, o exercício de determinar o núcleo de um conteúdo é muito comum no ensino primário, porém, em conteúdos do ensino médio isso não é um trabalho fácil, ele ainda resalta que um conceito está relacionado com o outro e criar um modelo que associe todos os conceitos de forma significativa ainda é um desafio.

Após a finalização dos comentários sobre o conteúdo fez-se a avaliação das aulas, Borges (2016) e Aquino (2014) ressaltam a importância de realizar esse momento de avaliação com os alunos.

No período final da fase experimental podem ser aplicadas entrevistas semiestruturada aos professores e a uma seleção de alunos participantes do experimento. As entrevistas se realizam com o propósito de buscar uma compreensão mais aprofundada sobre distintos aspectos observados nas aulas experimentais, assim como para entender a partir das falas dos próprios protagonistas do experimento formativo, como se apropriaram do método de ensinar (os professores) e do método de aprender (os alunos). (AQUINO, 2014, p. 4653).

Inicialmente, a professora explicou como aconteceria. Seriam feitas algumas perguntas para nortear a fala dos alunos, mas, que eles eram livres para emitir sua opinião. A professora tentou deixar os alunos bem à vontade, explicando-lhes que as críticas seriam bem-vindas, que o que estava sendo avaliado ali não era somente a prática da professora, mas as atividades e a metodologia utilizada.

**Professora:** Preciso que sejam muito sinceros, não tenham medo de falar, professora eu detestei, não aprendi nada, isso faz parte da minha pesquisa, se falarem que não aprenderam quer dizer que a metodologia utilizada não é tão boa assim quanto eu pensava, vocês estavam muito preocupados em acertar, mas, tudo o que fizeram eram elementos de análise. Não estou aqui para ouvir elogios, sejam sinceros, se gostarem falem, mas, apontem pontos que possam me ajudar a melhorar. Vocês não estão avaliando somente a professora Caroline, mas na maior parte é uma avaliação da metodologia que foi desenvolvida.

A tentativa foi de deixar os alunos tranquilos quanto à sua fala, pois, pelo fato de estarem avaliando o trabalho desenvolvido pela própria professora, pode fazer com que os alunos falem o que a professora espera ouvir e não o seu ponto de vista real da situação. Mesmo com o pedido de sinceridade isso pode acontecer, pois, não é um fator que seja possível de ser controlado pela professora/pesquisadora. Abaixo, estão alguns relatos dos alunos sobre o desenvolvimento do experimento didático formativo.

**Aluno 03:** professora, se fosse do outro jeito seria chato, eu iria dormir, ia ser muito chato na real.

**Aluno 18:** esse método faz a gente pensar e sair do senso comum.

**Aluno 19:** a gente fica mais interessada... Tem as experiências.

**Professora:** Mas e aí, teriam alguma sugestão para melhorar a proposta, alguma coisa na parte de organização ou até no enunciado dos exercícios?

**Aluno 11:** se continuar desse jeito, o ano que vem está bom.

**Aluno 14:** desse jeito se torna menos monótono, o professor explicando demais acaba que o aluno cansa.

**Aluno 16:** assim a gente teve vontade de ir atrás e conhecer também.

**Aluno 03:** porque todo dia a gente tem seis aulas, todas do mesmo jeito.

**Aluno 20:** eu aprendi muito mais discutindo do que com o professor explicando.

**Professora:** vocês tiveram dificuldades em entender, em saber o que eu queria nas atividades propostas?

**Alunos:** algumas vezes sim.

**Aluno 03:** no começo parecia mais difícil, mais aí depois eu fui entendendo.

**Aluno 16:** algumas eu tive.

**Professora:** você lembra alguma?

**Aluno 16:** se a senhora queria era os nomes ou os desenhos, aí eu confundi um pouco.

**Aluno 14:** a gente estranhou um pouco o método porque a gente está tendo contato com ele agora.

A avaliação dos alunos foi positiva, gostaram da forma como foi trabalhado o conteúdo, apesar de apresentarem dificuldades no início, foram se habituando a forma de trabalho e ao final já estavam mais independentes, o foco de suas perguntas era diferente das perguntas feitas nas primeiras aulas. Nos primeiros encontros, a preocupação era dar uma

resposta certa e rápida para as questões ao final já era curiosidade, não queriam apenas acertar, o objetivo era entender.

Outro fator importante na avaliação foi destacado na última fala do aluno 03, ele comenta que no início era mais difícil, porém com o tempo foi entendendo. A teoria do Ensino desenvolvimental fala que o aluno vai adquirindo independência cognitiva e Borges (2016) ressalta que, inicialmente, o ensino por conceito demanda mais tempo, porém o aluno vai se desenvolvendo e tem maior sucesso em aprendizagens subsequentes.

Os alunos disseram que gostaram da experiência e que aprenderiam muito mais se a maior parte das aulas tivesse esse formato, um dos indícios que ajuda a confirmar a fala dos alunos é a participação de forma espontânea nas aulas. Os encontros finais do experimento aconteceram em um período no qual a maior parte dos alunos já não estava frequentando a escola e ainda sim teve um índice de participação maior que 50 %, o que indica que a proposta agradou os alunos e fez com que eles se interessassem em assistir as aulas. Mesmo tendo uma grande participação, a adesão não foi unânime, este fato também é apontado nas pesquisas realizadas por Borges (2016) – em seu trabalho é relatado que alguns alunos foram apáticos durante o desenvolvimento da proposta, esta questão deve ser melhor investigada em propostas de pesquisa futura.

Outro fator citado pelos alunos no momento de avaliação das aulas foi as atividades experimentais, eles disseram ter gostado das atividades e que elas os ajudaram a entender melhor o conteúdo. As atividades práticas são bem vistas pelos alunos, o fato de manipularem os objetos ajuda a fazer com que eles queiram participar da aula. Eles também concordaram que a aula em que o professor fala e o aluno somente escuta se torna cansativa, que da forma como foram conduzidas as atividades o tempo passou rápido e eles conseguiram compreender melhor o conteúdo.

De fato, foi possível notar o crescimento dos alunos com o passar das aulas, alunos pouco participativos e com muita dificuldade na disciplina faziam comentário e perguntas, o aluno 12 é um exemplo. Chegou ao quarto bimestre precisando de 9,3 de média para ser aprovado, em todos os bimestres tirou notas abaixo da média, é pouco participativo nas aulas e apático e, durante a aplicação do experimento, assumiu outra postura. Passou a participar dos debates em grupo e a fazer perguntas para a professora. Existem outros casos como o dele que também mostraram outro desempenho durante as onze aulas ministradas.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações aqui apresentadas têm o objetivo de fazer reflexões sobre o que foi apresentado, pontuando alguns desafios e dificuldades enfrentados, assim como as contribuições do ensino desenvolvimental para o ensino de um tópico de óptica geométrica, formação de imagem no olho humano. Para isso é válido relembrar o problema que embasa essa pesquisa: como uma sequência de atividades baseada na teoria do ensino desenvolvimental pode contribuir para a formação dos conceitos sobre a propagação da luz e a formação de imagem no olho humano em uma turma de segunda série do ensino médio na disciplina de Física?

Foi possível perceber que os alunos não estão acostumados com um ensino no qual eles precisem ser ativos. No início da aplicação da sequência de atividades houve resistência quanto à participação nas tarefas propostas, o que ressalta a necessidade de um ensino que torne o aluno mais independente

Além de apontar a dificuldade dos alunos com a proposta de ensino na qual eles precisem ser mais autônomos, a análise também mostrou que é possível fazer com que esses alunos assumam uma postura mais ativa. No início das atividades os alunos foram um pouco introspectivos, mas no decorrer da proposta avanços foram observados, ao final da aplicação das unidades didáticas os alunos já estavam participando mais dos debates e menos dependentes da “resposta certa” do professor.

Segundo Libâneo (2004) a escola deve ensinar os alunos a pensar, o ensino deve impulsionar o desenvolvimento e é por isso que a proposta de Davydov é chamada de ensino desenvolvimental, pois o seu propósito é ensinar os alunos a orientarem-se de forma mais independente na informação científica, um ensino que possibilite o desenvolvimento mental.

No desenvolvimento da proposta percebeu-se uma evolução do comprometimento dos alunos nas soluções dos problemas e os debates entre eles para a compreensão do conceito apresentado, com o desenvolvimento do experimento os alunos foram se envolvendo e apresentando posturas diferentes da detectada no primeiro encontro. Nos questionamentos feitos por alguns alunos, durante as atividades, observa-se a elaboração e reelaboração de modelos que explique a experiência realizada.

Um das categorias de análise deste trabalho foram às tarefas de estudo despertando os motivos dos alunos. Freitas e Rosa (2015) destacam a importância conferida por Davydov ao motivo dos alunos. É necessário que o aluno estabeleça uma relação com o novo objeto a ser conhecido, as autoras afirmam que inicialmente os alunos não têm motivos para aprender

determinado objeto, mas, que cabe ao professor elaborar tarefas que sejam desafiadoras e que contenham elementos que possam provocar no aluno a necessidade de conhecer o objeto de estudo.

Determinar se os motivos dos alunos foram despertados para aprender o conceito é uma tarefa desafiadora, pois, sempre que se faz algo se faz por algum motivo, porém nem sempre o motivo de realizar as atividades pode ser o de aprender o conteúdo. O que é possível fazer são conjecturas, pois, comparando os diálogos e as observações realizadas pela professora pesquisadora, pode-se inferir que os alunos apresentam indícios de que estão empenhados em compreender o conceito. Eles demonstram interesse pelas atividades, e os debates são no sentido de compreender o fenômeno que estão visualizando. Foi possível notar à mudança na forma de perguntar, no início do experimento estavam muito preocupados em acertar, em validar o que tinham escrito, porém no decorrer das aulas eles não se contentam apenas com a resposta correta, era necessário que a resposta fosse compreensível, que eles entendessem porque o experimento aconteceu daquela maneira e não de outra. Notou-se também que os alunos mais dispersos apresentaram posturas diferentes durante a aplicação do experimento, as atividades promoveram a cooperação entre os pares.

Outro indicador dos motivos é a questão da participação opcional dos alunos nas aulas, eles participaram dos encontros por livre e espontânea vontade, não foi atribuída nenhuma nota ou qualquer vantagem para quem participasse das aulas. Inclusive alguns encontros foram realizados fora do horário de aula e até no contra turno. Vale ressaltar que não foram todos os alunos que apresentaram os indícios de que os motivos foram despertados, o experimento começou com 37 alunos e ao final estavam presentes nas aulas 20.

Atingir os motivos dos alunos é algo complexo no processo de ensino e aprendizagem, o desenvolvimento das atividades possibilitou constatar que os motivos para realizar as atividades não foram despertados em todos os alunos, porém, a participação opcional nas aulas fora do horário escolar e o empenho em buscar modelos explicativos para os fenômenos por parte de alguns alunos dão indícios de que os motivos foram despertados.

Quanto aos conceitos trabalhados, é possível notar que os alunos constroem os modelos para explicar os fenômenos propostos com dificuldade, eles cometem erros conceituais, mas o debate e as perguntas formuladas pela professora se mostraram essenciais para o desenvolvimento dos conceitos. Davydov (1988) afirma que quando o aluno consegue aplicar o conceito em um sistema de tarefas particulares isso indica que houve a formação do pensamento teórico.

De acordo com Freitas (2016), o conhecimento teórico deve prevalecer na escola, pois ele possibilita o desenvolvimento do pensamento do aluno. Por meio do conhecimento teórico é que o aluno conhece o objeto de estudo em sua totalidade, que ele estabelece o núcleo conceitual e as relações gerais. Buscando analisar esse processo da formação do pensamento teórico nos estudantes é que se definiram outras duas categorias de análise: o movimento de apropriação do conceito de propagação retilínea da luz e a generalização do conceito de formação de imagem.

Quanto ao movimento de apropriação do conceito de propagação retilínea da luz, foram desenvolvidas atividades que possibilitassem aos alunos determinarem que a luz se propaga em linha reta. Por meio da análise dos diálogos, das tarefas de ensino e da observação dos alunos foi possível concluir que o experimento didático formativo foi exitoso em possibilitar a formação desse conceito. Os alunos por meio da criação e modificação de modelos conseguiram explicar porque a luz não atravessa uma sequência de cartões desalinhados, também explicando a formação da sombra de uma mão quando colocada a frente de uma lâmpada.

Outro aspecto que pode ser ressaltado quanto ao conceito de propagação retilínea é que os alunos aplicaram esse conceito em outras situações. Depois de afirmarem que a luz não fazia curvas, aplicaram esse conceito para determinar a causa da formação das sombras, a ocorrência de eclipses e o motivo da imagem ser invertida em uma câmara escura de orifício.

Quanto à outra categoria de análise, generalização do conceito de formação de imagem o experimento não obteve o sucesso esperado. Os alunos conseguiram identificar características da formação de imagem no olho humano, como: propagação retilínea da luz, caminho percorrido pela luz até atingir a pupila, características das lentes convergentes e divergentes, conseguiram identificar que o cristalino é uma lente convergente, porém não conseguiram unir esses conceitos e explicar com clareza como é formada a imagem no olho humano.

O fato de não conseguirem generalizar a formação de imagem no olho humano pode ter sido ocasionado pela forma como o experimento didático foi organizado, pois ao elaborar as atividades de ensino a pesquisadora não percebeu que seria necessário trabalhar a formação de imagens em lentes para que os alunos conseguissem representar de forma completa como a imagem é projetada dentro no olho humano. Esse fato só foi percebido durante a análise de dados, pois ao verificar que os alunos não conseguiram representar a projeção dos raios de luz ao passarem pela lente é que se notou a necessidade de abordar tal conteúdo. Dessa forma as

principais contribuições dessa sequência de atividades para o ensino de formação de imagem no olho humano foram:

- Os alunos se tornaram mais ativos no processo de ensino-aprendizagem;
- Conseguiram elaborar modelos para explicar alguns fenômenos;
- Há indícios de que os motivos para aprender o conteúdo foram despertados;
- Os alunos conseguiram demonstrar compreensão dos conceitos de propagação retilínea, propriedades gerais de lentes e caminho percorrido pela luz para enxergar um objeto.

No que se refere às dificuldades encontradas, a primeira delas foi quanto ao acesso aos trabalhos de Davydov, existem ainda poucas traduções dos textos de Davydov para o português, também houve dificuldade da pesquisadora em se apropriar da teoria e transformá-la em um instrumento de ensino e aprendizagem. Outro obstáculo que permeia a análise é a complexidade de se avaliar, por exemplo, o desenvolvimento mental dos alunos, os motivos e as necessidades de aprenderem determinado conteúdo. Dessa forma, existem algumas constatações que a análise de dados não conseguirá fazer, pode-se apontar alguns indícios dos motivos ou do desenvolvimento mental do aluno, porém afirmar que isso de fato aconteceu é um desafio.

Outro desafio que implica a elaboração de atividades baseadas no ensino desenvolvimental está na dificuldade de desenvolver atividades pensando no caminho que os alunos irão adotar para resolver o problema. Quando se propõem um problema aos alunos é necessário fazer um exercício de imaginação, para tentar prever quais serão os possíveis percursos que os alunos irão percorrer para chegar aos conceitos, em alguns casos, os alunos formulam explicações inusitadas que é necessária intervenção do professor para mostrar que apesar de parecer correto aquele não é o conceito científico. Um exemplo disso está na atividade “Sala do Nada”, no debate inicial, em sala de aula, os alunos afirmaram que sem luz não era possível enxergar nenhum objeto, em seguida quando foram levados para a sala escura afirmaram que veriam objetos de cor clara. No primeiro momento a pesquisadora chegou a pensar que a atividade não causaria efeito nos alunos, já que a maior parte disse que a luz era essencial para a visão, então se pensou que a atividade era dispensável, porém como já estava tudo organizado optou-se por continuar, e para a surpresa da pesquisadora no momento da atividade os alunos demonstraram um ponto de vista diferente do apresentado anteriormente.

Um fator que não chega a ser dificuldade, mas, que pode levar o professor a não optar pelo desenvolvimento de atividades baseadas na teoria do ensino desenvolvimental é o tempo. Para o desenvolvimento do experimento didático foram utilizadas onze aulas de 45 minutos, enquanto se esses conceitos fossem trabalhados de forma expositiva o tempo de duração seria de quatro a cinco aulas, o que deve ser considerado ao se optar pelo desenvolvimento das atividades. Um dos aspectos que contribuem para a necessidade de maior tempo para o desenvolvimento das atividades é que, conforme Davydov (1988), inicialmente os alunos não sabem executar as ações necessárias para solucionar as tarefas de forma autônoma, porém com o tempo, os alunos vão adquirindo as capacidades necessárias e esse processo vai se tornando natural e mais rápido.

A postura do professor também é um ponto de atenção no desenvolvimento de atividades baseadas no ensino desenvolvimental. Sair da postura tradicional de responder aos questionamentos dos alunos não é uma tarefa fácil. Na teoria do ensino desenvolvimental o professor tem um papel essencial, ele é quem orienta o processo de ensino-aprendizagem por meio da elaboração e acompanhamento das atividades de estudo, porém, deve assumir uma postura mais passiva no momento de aplicação das atividades, os termos usados devem ser cuidadosamente pensados para não dar indícios da resposta. Durante vários momentos da aplicação a professora pesquisadora não conseguiu fugir da postura tradicional, e em suas respostas e indagações deu pistas aos alunos.

É necessário reconhecer a necessidade de renovação do referencial teórico metodológico trabalhado nos cursos de licenciatura. A formação de professores precisa ser reorientada, é preciso colocar os futuros professores em contato com as novas teorias de ensino-aprendizagem de modo a subsidiar uma práxis.

Para finalizara as considerações finais, gostaria de pontuar como essa experiência foi enriquecedora para minha formação docente. A realização dessas atividades possibilitou entender que é possível desenvolver aulas em que os alunos tenham uma participação maior e mais ativa na aula.

No decorrer de toda a aplicação da sequência de atividades a postura dos alunos foi mudando, eles não participavam das atividades propostas por nota ou por obrigação, pois estavam cientes que a participação era facultativa e que as tarefas executadas por eles não fariam parte da nota do bimestre, pois já estavam no final do ano e todas as atividades avaliativas já haviam sido aplicadas. Foi empolgante ver como os alunos se propuseram a participar das atividades e como ao final da sequência eles cresceram conceitualmente e chegaram a conclusões que não eram esperadas pela pesquisadora.

Espera-se que as análises aqui apresentadas contribuam para renovação das práticas pedagógicas no ensino de Física, inspirando professores a buscarem a teoria do ensino desenvolvimental como alternativa para promover um ensino mais contextualizado, que leve em consideração dos motivos dos alunos e que promova o pensamento teórico.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, Orlando Fernández. O experimento didático-formativo: contribuições para a pesquisa em didática desenvolvimental. In: Encontro nacional de didática e prática de ensino, 17., 2014, Fortaleza. **Ebook**. Fortaleza, Ce: Eduece, 2015. p. 4645 - 4657. Disponível em: <<http://uece.br/endipe2014/index.php/2015-02-26-14-08-55>>. Acesso em: 08 out. 2017.

BAPTISTA, Tadeu João Ribeiro; MIRANDA, Made Júnior. A metodologia do Ensino Desenvolvimental aplicada à educação Física. In: Congresso brasileiro de ciências do esporte, XVII, 2011, Porto Alegre. **Anais do XVII Congresso brasileiro de ciência do esporte**. p. 1 - 12.

BARBOSA, Luciana Góis. **O ensino-aprendizagem dos gêneros textuais: um estudo experimental com alunos de 7º ano do ensino fundamental**. 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade de Uberaba, Uberaba, 2016.

BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, São Paulo, v. 5, n. 1, p.83-94, 1998.

BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.

BOGDAN, Robert. C.; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994. 335 p. (Coleção ciências da educação). Tradução de: Maria João Alvarez Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista.

BORGES, Lucas Bernardes. **ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE DAVYDOV**. 2016. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.

BRASIL, Brasil no PISA 2015 : análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros / OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. — São Paulo : Fundação Santillana, 2016.

\_\_\_\_\_, **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnologia, Ministério da Educação. Brasília, 2000.

CATUNDA, Tomaz. Instrumentação para o Ensino: Prática-: Luz e Sombra, Método de Paralaxe e Traçado de Raios. In: Xv Simpósio Nacional de Ensino De Física, 2003, Curitiba, Paraná. **Atas XV SNEF**. Curitiba, 2003. p. 1 - 4.

CHAIKLIN, Seth. Developmental teaching in upper-secondary School. In: HEDEGAARD, Mariane e LOMPSCHER, Joachim (ed.). Learning activity an development. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 1999. Tradução de José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas.

CHASSOT, Ático. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, p.89-100, mar. 2003.

CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 7, n. 2, p.99-117, ago. 2012. Disponível em: <<http://if.ufmt.br/eenci/index.php?go=artigos&idEdicao=31>>. Acesso em: 13 mar. 16.

COÊLHO, Ildeu Moreira. Qual o sentido da escola? In: COÊLHO, Ildeu Moreira (Org.). **Escritos sobre o Sentido da escola**. Campinas, Sp: Mercado de Letras, 2012. Cap. 3. p. 59-86.

DAVYDOV, Vasily. Vasilovich. **Problemas do Ensino Desenvolvimental** - a experiência da pesquisa teórica e experimental na psicologia. Textos publicados na Revista *Soviet Education*, August/VOL XXX, N° 8, sob o título “Problems of Developmental Teaching. The Experience of Theoretical and Experimental Psychological Research – Excerpts”, de V.V. Davydov. EDUCAÇÃO SOVIÉTICA. Tradução de José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas (1988).

FONSECA, Alexandre Brasil. Ciência, tecnologia e desigualdade social no Brasil: contribuições da sociologia do conhecimento para a educação em ciências. **Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciências**. [s.l.], Vol. 6, nº 2, p. 364-377, 2007.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **Curso: O éter, a luz e a natureza da ciência**. Universidade de São Paulo - LaPEF. Disponível em: <[http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos e Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos e mais/TEXTO\\_02.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos e Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos e mais/TEXTO_02.pdf)>. 2007. Acesso em: 19 out. 2016.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.403-418, 8 dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-97022011005000011>.

\_\_\_\_\_, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p.403-418, abr./jun. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-97022012000200009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022012000200009)>. Acesso em: 13 set. 2015.

\_\_\_\_\_, Raquel A. Marra da Madeira. Formação de conceitos na aprendizagem escolar e atividade de estudo como forma básica para organização do ensino. **Educativa**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.388-418, maio/ago. 2016. Pontifícia Universidade Católica de Goiás -PUC Goiás. <http://dx.doi.org/10.18224/educ.v19i2.5392>.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira; ROSA, Sandra Valéria Limonta. Ensino Desenvolvimental: contribuições à superação do dilema da didática. **Educação & Realidade**, [s.l.],v. 40, n. 2, p.613-627, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623646133>.



GAMBOA, S. S. **Projetos de pesquisa fundamentos lógicos: a dialética entre perguntas e respostas**. Chapecó: Argos, 2013. 41 - 86

GIL-PEREZ, Daniel ; VILCHES, Amparo. Importância da educação científica na sociedade atual. In: CACHAPUZ, Antonio. et al. **A Necessária renovação do ensino de ciências**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2011. Cap. 1. p. 17-31.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p.26-40, abr. 2001.

GOIÁS. Secretaria de Estado da Educação de Goiás. (Org.). **Currículo referência da rede estadual de educação de Goiás**. 2014. Disponível em: <[GONÇALVES JUNIOR, Wanderley P.; BARROSO, Marta F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM. \*\*Revista Brasileira de Ensino de Física\*\*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1- 16, 2014.](http://portal.seduc.go.gov.br/DocumentosImportantes/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=/DocumentosImportantes/Diversos&FolderCTID=0x012000E663F52011D9304089718ABC7137ABE0&View;={E2CDCAF8-FC69-4A5A-8CA0-ED44061C3E5E}></a>. Acesso em: 10 ago. 2016.</p>
</div>
<div data-bbox=)

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física 2**. São Paulo: Ática, 2014.

LIBÂNIO, José Carlos. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, [s.l.], n. 27, p.5-24, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782004000300002>.

\_\_\_\_\_, José Carlos. Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação. **Cadernos Pedagógica Universitária 11**, São Paulo, p.01-35, out. 2009. Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_, José Carlos. Formação de Professores e Didática para Desenvolvimento Humano. **Educação & Realidade**, [s.l.], v. 40, n. 2, p.629-650, 20 mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-623646132>.

LIBÂNIO, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Vygotsky, Leontiev, Davydov – três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática. In: congresso brasileiro de historia da educação, 4. **Anais CBHE**. Goiânia, 2006. p. 1 - 10.

\_\_\_\_\_, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. A elaboração de planos de ensino conforme a teoria do ensino desenvolvimental. Texto digitado 2009.

\_\_\_\_\_, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés (Org.). **Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. 2. ed. Uberlândia: Edufu, 2015. Cap. 10. p. 327-362.

MACHADO, Marlos. **Elaboração e Desenvolvimento de uma Unidade Didática sobre os Conceitos de Transmissão de Calor e Radiação do Corpo Negro**. 2016. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.

MARENGÃO, Luiz Ângelo. **O ensino de Física no ensino médio**: descrevendo um experimento didático na perspectiva histórico-cultural. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2011.

MIRANDA, Made Júnior et al. O ensino desenvolvimental e a aprendizagem esportiva – voleibol. In: VII Congresso goiano de ciências do esporte, 7, 2011, Anápolis. **Anais do IV Seminário Nacional Corpo e Cultura**. Anápolis, 2011.

MIRANDA, Made Junior. A teoria do Ensino Desenvolvimental e o contexto da educação contemporânea. **Revista Didática Sistemática**, Rio Grande do Sul, v. 11, p.2-17, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.seer.furg.br/revs/article/view/1634>>. Acesso em: 20 out. 2015.

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

NARDI, Roberto; GATTI, Sandra Regina Teodoro. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Minas Gerais, v. 6, n. 2, p.145-169, 2004. ISSN 1415-2150.

NEVES, José Divino; RESENDE, Marilene Ribeiro. O experimento didático como metodologia de pesquisa: um estudo na perspectiva do “estado do conhecimento”. In: XII Encontro de Pesquisa em Educação / Centro Oeste, 2014, Goiânia. PUC- Go, 2014.

PENA, Fábio Luís Alves. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p.293-296, 2004. Carta ao editor.

PERES, Thalitta de Carvalho; FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino desenvolvimental: uma alternativa para a educação matemática. **POIÉSIS: Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação** – Mestrado – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, Sc, v. especial, p.10-28, jan/jun. 2014.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: PIETROCOLA, Mauricio (org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: ED. da UFSC, 2001. Cap. 1, p. 09 – 32.

\_\_\_\_\_, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico**:Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, 2010.

PIRES, Luciene Lima de Assis. **O Ensino Secundário em Jataí nas décadas de 40 e 50**. 1997. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação Escolar Brasileira, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.

RAHAL, Fábio Adhemar da Silva. Jogos didáticos no ensino de Física: um exemplo na termodinâmica. In: **simpósio nacional de ensino de física**, 18. Vitória, 2009. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0050-1.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

REZENDE, Flavia; OSTERMANN, Fernanda; FERRAZ, Gleice. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica do século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p.1-8, abr. 2009.

ROBERTO, Edson Valentim. **Aprendizagem ativa em óptica geométrica: experimentos e demonstrações investigativas**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ROSA, Cleci. Werner. da; ROSA, Álvaro Becker da. O ensino de ciências (Física ) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, ..., [s.l.], v. 2, n. 58, p.1-24, fev. 2012. Disponível em: <<http://www.rioeoi.org/deloslectores/4689Werner.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2015.

SALES, Fábio Henrique Silva; OLIVEIRA, Raisa Marya Souza; PONTES, Luciana Raquel Silva. Experimentoteca de física: uma proposta alternativa para o ensino de física no ensino médio. **Holos**, [s.l.], v. 4, n. 26, p.143-159, 27 nov. 2010. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2010.278>.

THUILLIER, Pierre. Introdução. In: THUILLIER, Pierre. **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994. p. 7-32. (Ciência e Cultura). Tradução de: Maria Inês Duque Estrada.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Plano de ensino

### PLANO DE ENSINO SOBRE FORMAÇÃO DE IMAGEM NO OLHO HUMANO

Disciplina: Física

Tópico: Óptica geométrica

Turma: 2º série do Ensino Médio

Número de aulas: 11 aulas

Duração da aula: 45 min

Número de alunos: 37

Professora: Caroline

Número de unidades didáticas: 4

### 1º UNIDADE DIDÁTICA

*Conceito:* Propagação retilínea da Luz

*Objetivo Geral:* compreender a necessidade de luz para enxergar os objetos e que a luz se propaga em linha reta.

*Número de aulas:* 4 aulas

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – o que é possível enxergar no escuro e atividades sobre luz e sombras.
2. Criação de um modelo – pedir aos alunos que expliquem porque acham que alguns objetos que podem ser vistos na sala escura; pedir aos alunos que escrevam explicações para as atividades práticas realizadas na atividade luz e sombras.
3. Modificação dos modelos - após realizarem os experimentos de cada aula, solicitar aos alunos que revejam os modelos e se os mesmos condizem com a situação apresentada, caso seja necessário eles podem fazer alterações nos modelos que criaram.
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os alunos deverão explicar a formação da sombra da mão;

#### 1º aula

Conteúdo: apresentação da pesquisa e levantamento de conhecimentos prévios.

Objetivos específicos:

- Apresentar a metodologia da pesquisa e recolher o termo de consentimento de participação na pesquisa.
- Identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre como enxergamos os objetos, a propagação da luz e a formação de imagens no olho humano.

1º momento: apresentar a pesquisa aos alunos falando sobre os principais objetivos e da importância da participação de cada um. Esclarecer que a participação é facultativa, que a identidade de cada um será preservada e que o acesso as gravações realizadas durante todas as aulas será de uso exclusivo dos pesquisadores responsáveis pelo trabalho.

2º momento: aplicação da tarefa diagnóstica, o objetivo é identificar os conhecimentos prévios dos alunos por meio da aplicação de uma tarefa com 13 perguntas, os alunos deverão responder ao teste individualmente.

## 2º aula

Conteúdo: percurso lógico-histórico da visão.

Objetivo específico:

- Identificar a importância da visão para a percepção do mundo e entender a necessidade histórica do surgimento do conceito de propagação da luz e da formação de imagem para a visão.

Atividade desenvolvida: Leitura e debate do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica”

Desenvolvimento: Será feito a leitura coletiva e em voz alta do texto: “Visão: das trevas a óptica geométrica”, o objetivo é debater a importância da visão para a percepção do mundo e como a compreensão desse sentido humano vem despertando o interesse e a curiosidade do homem ao longo dos séculos. Em seguida, será feito o debate coletivo sobre o texto.

Perguntas para auxiliar o debate:

- 1) por que os filósofos citados no texto não chegavam as mesmas conclusões?
- 2) qual eram as estratégias que os pensadores gregos usaram para chegar em suas conclusões?
- 3) o que é necessário para que um objeto possa ser visto?

Avaliação: os alunos serão avaliados por meio da participação durante o debate do texto, suas respostas darão indícios de como eles pensam o processo de formação de imagem no olho humano.

## 3º aula

Conteúdo: importância da luz.

Objetivo Específico:

- Investigar a importância da luz para enxergar um objeto.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 1- “Sala do nada”

Desenvolvimento: como todas as atividades serão desenvolvidas em grupos, inicialmente separar a sala em grupos com 4 a 5 integrantes. Preparar uma sala na qual todas as entradas de luz sejam vedadas. Iniciar a aula com a situação problema baseada na crônica da óptica geométrica, levando os alunos a refletirem sobre qual é o caminho percorrido pela luz até que consigamos enxergar um objeto e qual objeto seria possível enxergar em uma sala totalmente escura. No primeiro momento os alunos terão que fazer uma previsão sobre quais objetos previamente colocados em uma mesa seriam possíveis de enxergar se as luzes fossem apagadas, em seguida, os alunos deverão socializar suas anotações dizendo o porquê seria possível ver tais objetos. Após a socialização a luz será apagada e os alunos deverão relatar as suas sensações e se conseguem ou não enxergar algum objeto. Ao final da aula cada grupo deverá socializar, novamente, suas anotações e conclusões sobre a necessidade da luz para a visão.

Materiais: sala escura, objetos com diferentes cores, papel e caneta.

Avaliação: os alunos serão avaliados por meio da participação na aula e das anotações dos durante o experimento, os comentários dos alunos que serão observados e a atividade de ensino que foi entregue no início da aula será recolhida.

## 4º aula

Conteúdo: propagação retilínea da luz.

Objetivo específico:

- Compreender que a luz se propaga em linha reta.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 2 - “Luz e sombras”

Desenvolvimento: em grupo, os alunos irão trabalhar com atividades investigativas sobre luz e sombras, eles irão realizar práticas cujo objetivo é concluir que a luz se propaga em linha reta e por isso temos a formação das sombras.

Materiais: três máscaras de papel cartão preto (18 cm x 18 cm) com furo circular de 1,5 cm de diâmetro, duas fontes pequenas de luz, um anteparo 20 cm x 30 cm, régua, roteiro de atividades e caneta.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

## 2° UNIDADE DIDÁTICA

*Conceito:* formação de imagem.

*Objetivo Geral:* compreender como a imagem é formada em uma câmara escura.

*Número de aulas:* 3

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – imagem que se forma de cabeça para baixo;
2. Criação de modelos – solicitar aos grupos que debatam e criem modelos para explicar a formação da imagem invertida na câmara escura;
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – modelação do conceito de propagação retilínea da luz para explicar a formação da imagem invertida na câmara escura;
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os alunos irão resolver a atividade de ensino 4, sobre eclipses, para aplicarem o conceito de propagação retilínea da luz em um caso particular.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;
6. Avaliação – essa ação deve ser realizada em todos os momentos tanto pelos alunos que devem fazer uma análise consciente se aprenderam o conceito, quanto pelo professor que deve ficar atento a todo o processo, ao final também se aplica um instrumento de avaliação que é a atividade de ensino 4 - Eclipses.

### 5° e 6° aula

Conteúdo: Formação de imagem na câmara escura.

Objetivo específico:

- Compreender como a imagem é formada em uma câmara escura.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 3 - “Câmara escura”

Desenvolvimento: os alunos iniciarão a aula assistindo os 16 primeiros minutos do episódio 5 da série “Cosmos uma odisséia no espaço”<sup>8</sup>, no qual aborda a história da câmara escura, o

<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.xn-documentriosonline5rb.blog.br/2014/04/cosmos-episodio-04-escondido-na-luz.html>

vídeo mostra o contexto histórico do surgimento desse aparato. Em seguida cada grupo irá receber uma câmara escura e uma vela, para que manipulem e percebam que a imagem em uma câmara escura se forma de cabeça para baixo. Eles serão questionados oralmente a darem uma explicação para esse fenômeno e posteriormente receberão a atividade de ensino na qual por meio de desenhos e debate em grupo, deverão explicar a formação da imagem na câmara escura.

**Materiais:** aparelho de multimídia, caixa de som, câmara escura e vela.

**Avaliação:** todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

### **7º aula**

**Conteúdo:** propagação retilínea e formação de imagem

**Objetivo específico:**

- Aplicar os conhecimentos de câmara escura e propagação retilínea na solução de problemas.

**Atividade desenvolvida:** atividade de ensino 4 - “Eclipses”

**Desenvolvimento:** sentados em grupos os alunos deverão resolver alguns problemas que envolvem câmara escura e propagação retilínea da luz, o objetivo é que eles apliquem os conhecimentos aprendidos até o momento nessa atividade.

**Materiais:** lista de atividades, lápis e borracha.

**Avaliação:** os alunos deverão resolver a atividade de ensino em grupo, essa atividade será acompanhada pela professora e recolhida para posterior análise.

## **3º UNIDADE DIDÁTICA**

**Conceito:** Lentes divergentes e convergentes

**Objetivo Geral:** Entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente

**Número de aulas:** 2

**Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:**

1. Criação e desenvolvimento do problema – nitidez da imagem, qual lente usar na câmara escura;
2. Criação de modelos – os grupos deverão observar e representar os raios de luz projetado pelas lentes ;
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – por meio de desenhos e textos os alunos precisam perceber que existem raios que se juntam e se espalham, e associar esse comportamento dos raios as lentes convergentes e divergentes;
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os grupos deverão aplicar o modelo criado para uma das lentes para explicar a formação de imagem com maior nitidez em uma câmara escura com lente.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;



**8° e 9° aula**

Conteúdo: Lentes convergente e divergentes

Objetivo específico:

- Entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 5 - “Lentes”

Desenvolvimento: iniciar a aula com uma breve fala sobre lentes, sobre como são importantes, falando que os óculos foram uma das grandes heranças da Física clássica para a humanidade, e essa invenção só foi possível por conta dos estudos e aperfeiçoamento das lentes. Passar a numeração das lentes no quadro, para que os alunos possam usar um padrão de numeração para cada lente e em seguida entregar as lentes aos grupos e o roteiro de atividades para que eles investiguem as propriedades das lentes. Ao final da aula os grupos receberão uma câmara escura com uma lente, deverão manipular a câmara escura e responder alguns questionamentos que estão no roteiro de atividades, o objetivo dessa parte é fazer com que os alunos percebam que o uso da lente melhorou a nitidez da imagem.

Materiais: conjunto de lentes convergente e divergentes (4 lentes para cada grupo), laser duplo e câmara escura com lente.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo. As atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

#### 4° UNIDADE DIDÁTICA

Conceito: formação de imagem no olho humano

*Objetivo Geral:* Compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular

*Número de aulas:* 2

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – explicar a formação da imagem no olho humano.
2. Criação de modelos – por meio da atividade de ensino os grupos terão que criar modelos por meio de desenhos ou texto para explicar o caminho percorrido pela luz até atingir a retina.
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – os alunos precisarão associar os conceitos de: propagação retilínea da luz e lentes para desenvolver a explicação correta de como acontece a formação da imagem no globo ocular.
4. Aplicação do modelo em casos particulares – quando estão aplicando todos os conceitos aprendidos até o momento na formação de imagem no olho humano estão usando os modelos que criaram em um caso diferente do estudado.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;
6. Avaliação – essa ação deve ser realizada em todos os momentos tanto pelos alunos que devem fazer uma análise consciente se aprenderam o conceito, quanto pelo professor que deve ficar atento a todo o processo, ao final os alunos deverão fazer uma roda de conversa orientada pela professora para exporem os conceitos aprendidos durante todo o experimento.

## 10° e 11° aula

Conteúdo: formação da imagem no olho humano

Objetivo específico:

- Compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular
- Avaliar a metodologia utilizada durante as aulas

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 6 - “olho humano”

Desenvolvimento: Diferentemente das outras aulas, nessa aula o experimento será realizado inicialmente no quadro pela professora, os alunos poderão manipular o experimento posteriormente, será realizado um experimento demonstrativo por não ter materiais para todos os grupos. Por meio de uma imagem do olho humano projetada no quadro com o data show, explicar as partes do olho e a função de cada uma dessas partes principais, em seguida entregar o roteiro de atividades para que os alunos executem. Após o término da atividade, passar o vídeo “Cinco sentidos”<sup>9</sup> da série viagem fantástica para falar sobre a importância da visão e fazer uma retomada as perguntas da primeira aula em uma roda de conversa.

Perguntas para auxiliar na roda de conversa:

- O que é necessário para enxergarmos um objeto?
- Qual é o papel da luz para a visão?
- Porque as sombras são formadas?
- Porque acontecem os eclipses?
- Como são classificadas as lentes?
- Como as imagens são formadas na câmara escura?
- A luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos?
- O que enxergaríamos em uma sala totalmente escura?
- Como enxergamos?

Ao final da aula fazer a avaliação da metodologia em grupo, perguntas para direcionar a avaliação:

- Vocês acreditam que aprenderam mais do que em uma aula tradicional?
- Gostou da maneira como as aulas foram realizadas?
- Tem sugestões para melhorar a metodologia?
- Você teve dificuldades de entender as atividades que foram propostas?
- Quais foram suas maiores dificuldades?
- Relate o que aprendeu sobre luz e formação de imagem no olho humano.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

---

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RjvsqhYYSkE&t=359s>

## APÊNDICE B – Termo de consentimento de livre esclarecimento



### TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Rua Riachuelo, nº 2090, Setor Samuel Graham, Jataí-GO, CEP: 75.804-020 - Jataí/GO – posgrad@jatai.ifg.edu.br

#### TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa. Sou Caroline Prado Brignoni, pesquisadora responsável e minha área de atuação é Ensino de Física. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine o CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO COMO SUJEITO DA PESQUISA, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis Caroline Prado Brignoni ou Paulo Henrique de Souza nos telefones: 64-9 9956 6462 ou 64-3632-8600. Em casos de dúvidas sobre os seus direitos como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do IFG Câmpus Jataí, nos telefones: (064) 3632-8600, Ramal 8652.

#### INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A APLICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

- **Título do Projeto:** a formação do conceito de luz e imagem em uma turma de ensino médio: uma proposta na perspectiva do Ensino Desenvolvimental .

-**Esclarecimentos sobre a pesquisa:** frente às dificuldades enfrentadas pelo alunos em relação a disciplina de Física, e as orientações presentes no Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio que visam tornar o aluno sujeito ativo no processo de aprendizagem, pretende-se usar a teoria do Ensino Desenvolvimental para investigar o seguinte problema: Como uma sequência de ensino baseada na teoria do Ensino Desenvolvimental pode contribuir para a formação de conceitos sobre luz e imagem na disciplina de Física? Para responder a essa pergunta inicialmente se fez um estudo bibliográfico e pretende-se agora: aplicar uma sequência de ensino sobre o conteúdo de luz e imagem com foco na formação de conceitos. Para analisar a aplicação, pretende-se usar: gravação de vídeos, imagens, observações, diário de campo, aplicação de questionário e entrevistas com os participantes da pesquisa.

- **Objetivo:** a partir de uma intervenção didática, compreender e avaliar as contribuições da teoria do ensino desenvolvimental na formação de conceitos fundamentais de Física.

#### - Alguns esclarecimentos:

- Salienta-se que não haverão despesas e gratificações financeiras para que os alunos participem da pesquisa;

- As informações advindas das análises das aulas serão utilizadas para avaliação da metodologia aplicada;

- Tanto os alunos, quanto o professor e a direção poderão cancelar o termo de autorização e se desligarem da pesquisa em qualquer momento, não acarretando prejuízos a nenhuma das partes;

- Salienta-se que as informações dos alunos e de seus responsáveis serão utilizadas apenas pelo pesquisador e seu orientador para efetuar as análises da metodologia aplicada nas aulas. Para tanto, os nomes e filmagens não serão expostos para outras pessoas ou divulgadas nos meios de comunicação, as imagens obtidas durante a aplicação da pesquisa preservarão a identidade do aluno e serão usadas apenas com cunho educativo.

- A pesquisa acontecerá prioritariamente no turno matutino e a participação dos alunos consistirá em: participar das atividades propostas em aula, participar de momentos avaliativos e de entrevistas com a pesquisadora para avaliar a metodologia utilizada.

### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do  
(Nome do aluno)

estudo “A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE LUZ E IMAGEM EM UMA TURMA DE ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL”, como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Caroline Prado Brignoni sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Jataí, \_\_\_\_\_ de novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do aluno

### RESPONSÁVEL LEGAL

Eu, \_\_\_\_\_, ( ) RG/ ( ) CPF \_\_\_\_\_,  
(Nome do Responsável Legal)

abaixo assinado, responsável por \_\_\_\_\_, autorizo sua participação no estudo “A FORMAÇÃO DO CONCEITO DE LUZ E IMAGEM EM UMA TURMA DE ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL”, como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Caroline Prado Brignoni sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da sua participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção do acompanhamento/ assistência/tratamento prestado ao sujeito pesquisado.

Jataí, \_\_\_\_\_ de novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável legal



## APÊNDICE C – Levantamento dos conhecimentos prévios

### PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Nome: \_\_\_\_\_

#### LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS – ÓPTICA GEOMÉTRICA

01. Um amigo lhe diz, em um tom profundo, que a luz é a única coisa que somos capazes de ver. Seu amigo está correto?

- (A) Sim.
- (B) Não.
- (C) Não sei.

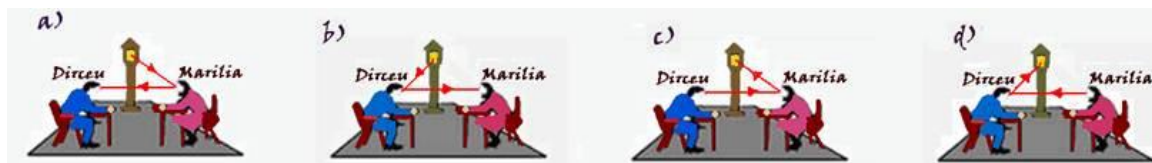
02. Admita que o Sol subitamente “morresse”, ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. 24 horas após este evento, um eventual sobrevivente, olhando para o céu, sem nuvens, veria:

- (A) a Lua e as Estrelas
- (B) somente a Lua
- (C) somente as estrelas
- (D) uma completa escuridão
- (E) Somente os planetas do sistema solar

03. Dos objetos citados a seguir, assinale aquele(S) que seria(m) visível(is) em uma sala perfeitamente escura.

- (A) um espelho;
- (B) qualquer superfície de cor clara;
- (C) um fio aquecido ao rubro;
- (D) uma lâmpada desligada;
- (E) um gato preto;

04. Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.



05. O fenômeno apresentado na ilustração abaixo é possível? Explique sua resposta.



( ) Sim ( ) Não

---



---



---



---

06. Porque acontecem os eclipses?

---

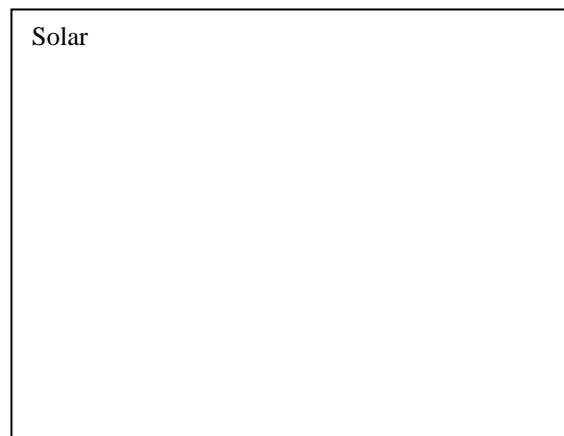
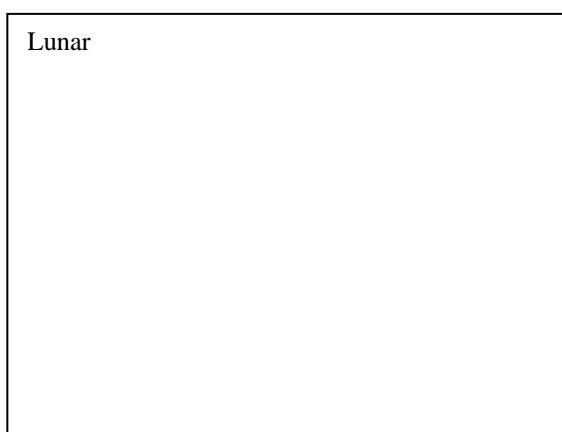


---



---

07. Faça um esquema que representem um eclipse lunar e um eclipse solar, representando a posição dos astros Sol, Lua e Terra.



08. Uma máscara com um buraco triangular é colocada entre uma pequena lâmpada e um anteparo. Veja a figura 3. Assinale qual item abaixo mostra corretamente o que você veria no anteparo ao acender a luz?

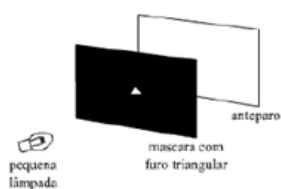


Figura 3



09. Uma aluna, Elisa, e seu professor discutem o que segue:

*“Prof.: Explique como você vê o livro.*

*Elisa: Sinais nervosos vão desde meus olhos até meu cérebro.*

*Prof.: Sim, isto acontece entre os olhos e seu cérebro. Mas existe*



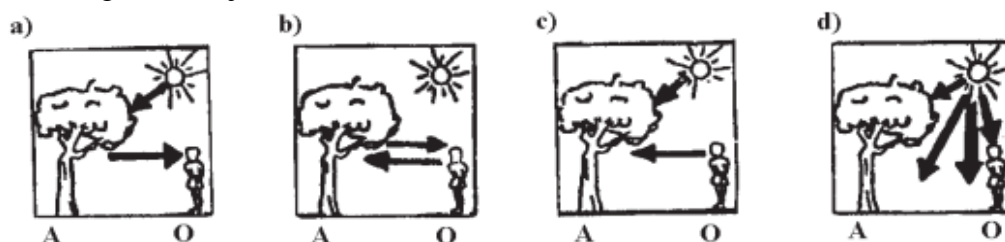
Figura 4

uma certa distância entre o livro e seus olhos. O que acontece entre eles?”

Com qual das alternativas seguintes você responderia à pergunta do professor?

- (A) Raios vão dos meus olhos até o livro de modo que assim posso vê-lo.
- (B) Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo.
- (C) A luz do ambiente refletida no livro chega até os meus olhos.
- (D) Os olhos emitem raios que retomam ao cérebro trazendo a informação da imagem.

10. As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto?



11. A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual(ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?

- (A) 1, 2 e 3
- (B) 1 e 2
- (C) 2 e 3
- (D) Apenas o 2.

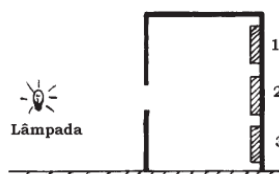


Figura 5

12. Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino funciona como uma lente:

- (A) convergente, formando imagens direitas e diminuídas;
- (B) divergente, formando imagens direitas e diminuídas;
- (C) convergente, formando imagens invertidas e diminuídas;
- (D) divergente, formando imagens direitas e ampliadas;

13. Imagine que uma grande árvore esteja de frente para uma caixa com um orifício, assim como ilustra a figura 6, a pessoa que está com a cabeça dentro da câmara escura, conseguiria ver projetado no anteparo:

- (A) Nada, pois o orifício é muito pequeno.
- (B) Somente parte da copa da árvore.
- (C) A árvore toda, com imagem invertida e em tamanho ampliado.
- (D) A árvore toda, com imagem invertida e em tamanho menor.



Figura 6



- (E) Nada, pois ele está de costas.

## APÊNDICE D – Texto “A visão: das trevas a óptica geométrica”

# A visão: das trevas a óptica geométrica

*Disse Deus: faça-se a luz, e fez-se a luz. E viu Deus que a luz era boa, e dividiu a luz das trevas. E chamou à luz dia e às trevas noite.*

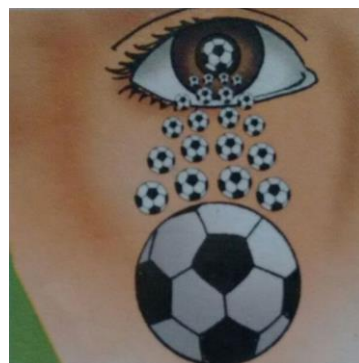
**Gn 1, 3-5**

Os olhos são a principal forma de perceber o mundo à nossa volta. A beleza de uma flor, as imagens da televisão, as letras de um livro, tudo chega até nós pela visão. Mas o que acontece durante esse processo? Qual é o papel da luz na visão?

A luz sempre foi objeto de interesse por parte da humanidade, desde que tomou consciência de que a noite era ausência da luz do Sol, assim como quando percebeu a existência de pontos brilhantes no céu escuro. Por outro lado então, logo que dominou o fogo, o homem percebeu que havia uma relação entre a luz e o fogo, já que ambos aquecem e iluminam. No entanto, como a luz parecia um fenômeno muito misterioso, as primeiras civilizações atribuíam sua origem aos Deuses de sua adoração. Assim, para os antigos Egípcios, a luz é Maât, filha de Rá, o Deus Sol, conforme nos fala Jean Rosmorduc no livro “De Tales a Einstein”. Já para os antigos Hebreus, foi Deus quem a fez, como se pode ver na bíblia no livro do Gênesis. Contudo, é com os antigos Gregos que a luz passa a ter uma realidade objetiva, ao perceberem que algo deveria existir no espaço compreendido entre os nossos olhos e os objetos que vemos. Porém, haviam algumas questões que precisavam ser compreendidas, como: a luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos? Quais coisas produzem luz? Quais coisas bloqueiam a luz? Como a imagem das letras desse papel chega até você? Essas questões foram colocadas muitas vezes ao longo da história da humanidade e suas respostas se perderam no tempo. Contudo, algumas delas chegaram até nós, como a dos gregos.

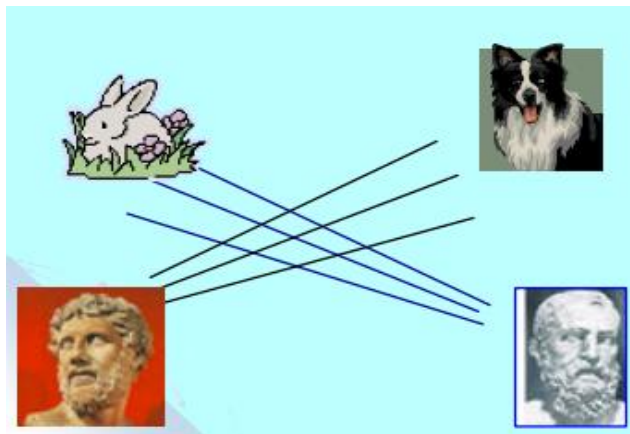
O filósofo Leucipo de Mileto viveu por volta de 500 a.C. Ele acreditava que os objetos emitiam pequenas partículas, como se fossem películas que se desprendiam da sua superfície, e que chegavam aos nossos olhos ocasionando a visão. Tais películas, denominadas eidola, emanavam (saíam) da superfície dos corpos levando informações sobre eles como a cor e a forma dos objetos. A luz para ele era essa emanção material transmitida dos objetos visíveis para o olho do observador, e a sensação visual seria causada pelo contato direto das eidola com o órgão dos sentidos.

Porém, existiam alguns pontos que a teoria da eidola não conseguia explicar: como as eidola passam umas pelas outras sem se chocarem? Como essas partículas emitidas por uma árvore cruzam com as partículas emitidas por outros objetos? Uma não interagem com as outras? Por que elas não se “grudam” formando uma imagem confusa? Um homem vê um coelho à sua frente porque as eidola estão saindo desse coelho e chegando até seus olhos, como isso não interfere na visão de um cachorro cujas as partículas estão indo para os olhos de outro homem e se cruzando no caminho? Ou seja, a luz passa “por dentro” da luz?



Representação de eidola de Leucipo  
Fonte: Pietrocola (2010)



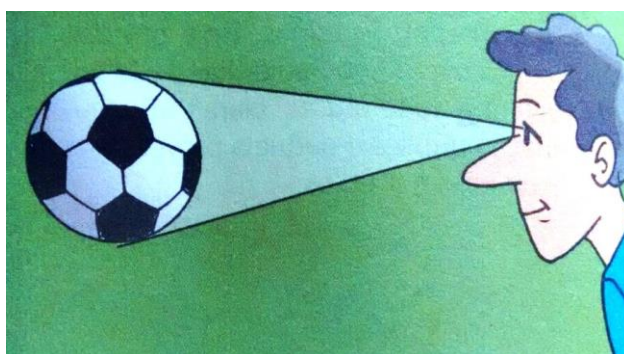


Fonte: [http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXTO\\_02.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXTO_02.pdf)

O tamanho dos objetos era também um problema para a teoria da eidola: como a imagem de um objeto muito grande encolhe suficientemente para caber nos olhos? Como as eidola de uma montanha podem caber nos olhos? Por que os objetos distantes parecem menores? Algumas dessas dúvidas ocorreram a pensadores gregos, como Aristóteles, por exemplo.

Já que a teoria de Leucipo deixava tantas perguntas sem resposta, será que outra escola de pensamento não oferecia uma explicação melhor para o fenômeno visual? O filósofo grego Empédocles (493-430 a.C.) explicava o mundo, a luz e a visão de um modo bem diferente. Para Empédocles, a luz e a visão estavam relacionadas com o elemento fogo. Ele acreditava que um raio visual era emitido pelos olhos, uma espécie de fogo interno, que “tocava” os objetos e, ao retornar para a pupila, trazia informações sobre eles. Seria como se o ato de enxergar fosse igual ao ato de tatear, ou seja, os raios visuais interagiam com as informações emanadas dos objetos, como se fossem tentáculos.

Os objetos também emitiam um tipo de fogo que carregava suas informações, como a cor e a forma. Portanto, o fenômeno da visão ocorria quando o fogo interno emitido pelos olhos entrava em contato com o fogo externo emanado dos objetos.



Raios visuais de Empédocles  
Fonte: Pietrocola (2010)

Entretanto, a teoria de Empédocles também não conseguia explicar algumas coisas. Alguns pensadores questionavam: se a visão dependia de um fogo emitido pelos olhos, por que não era possível enxergar em um lugar escuro? Que relação tinha a luz do dia com o fogo emitido pelos olhos? Se os objetos também emanavam informações por meio de um tipo de fogo, por que essas informações não eram captadas pelo fogo visual se estivesse escuro?

Parece que a luz do ambiente é fundamental no fenômeno visual. Tanto a teoria de Leucipo, como a de Empédocles, não explicavam por que não podíamos enxergar no escuro. Será que o meio material entre o objeto e o olho tem alguma influência sobre a luz e sobre a visão? Só podemos enxergar se está claro, portanto, pode ser que algo entre os olhos e os objetos influencie no fenômeno visual.

Aristóteles (384-322 a.C.) enfatizou a importância do meio material na sua teoria da luz e da visão. Ele acreditava que a luz era uma qualidade dos corpos transparentes. Um meio transparente como o ar tinha a qualidade de permitir a visão do objeto. Porém era necessária a presença da luz do Sol ou de outras fontes luminosas para que se pudesse enxergar. Os objetos produziam uma espécie de alteração no meio transparente ao seu redor, e esse meio transmitia instantaneamente essa alteração para os olhos do observador.

Havia diferentes teorias para tentar explicar a luz e a visão nesse período. De modo geral, eram combinações das características: os homens enxergavam porque algo saía dos olhos, ou porque algo entrava nos olhos; havia ainda os que diziam que a luz não era algo material, mas uma modificação na matéria que havia entre o objeto e os olhos. Cada teoria estava associada à visão de mundo de uma escola de pensamento, ou seja, não era uma interpretação individual de cada filósofo, como se fosse uma opinião pessoal. Pelo contrário, os filósofos não constituíam unidades isoladas, eles eram representantes de escolas que estavam competindo entre si. Todos estavam pensando sobre os mesmos fenômenos ópticos, buscavam entendê-los utilizando raciocínios lógicos, porém, cada escola de pensamento fornecia uma explicação para a luz e a visão.

Parece que apenas observar o comportamento da natureza e pensar racionalmente sobre os fenômenos propiciou o surgimento de diferentes explicações. Entretanto, os filósofos elaboravam teorias que estavam relacionadas a essas observações, ou seja, não era apenas questão de opinião pessoal. A observação da natureza era um ato fundamental para tentar explicar os fenômenos naturais, mas, construir essas explicações não é um processo simples, nem óbvio. Olhar para alguns episódios da história da ciência nos faz perceber quão complexo é o processo da produção do conhecimento sobre a natureza e como o desenvolvimento da óptica geométrica foi uma construção histórica que se fez por meio de muitos debates e elaborações de modelos.

Texto retirado e adaptado de:

BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **Curso: O éter, a luz e a natureza da ciência**. Universidade de São Paulo - LaPEF. Disponível em: <[http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos\\_e\\_Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos\\_e\\_mais/TEXT0\\_02.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos_e_Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos_e_mais/TEXT0_02.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2016.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física 2**. São Paulo: Ática, 2014.

PIETROCOLA, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico**: Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, 2010.

## APÊNDICE E – Atividade de ensino 1

### Atividade de ensino 1 : “Sala do nada”

Nomes: \_\_\_\_\_

#### Parte da Crônica da óptica geométrica

A luz sempre foi objeto de interesse por parte do Homem, desde que tomou consciência de que a noite era ausência da luz do Sol, assim como quando percebeu a existência de pontos brilhantes no céu escuro. Por outro lado então, logo que dominou o fogo, o Homem percebeu que havia uma relação entre a luz e o fogo, já que ambos aquecem e iluminam. No entanto, como a luz parecia um fenômeno muito misterioso, as primeiras civilizações atribuíam sua origem aos Deuses de sua adoração. Assim, para os antigos Egípcios, a luz é Maât, filha de Rá, o Deus Sol, conforme nos fala Jean Rosmorduc em De Tales a Einstein. Já para os antigos Hebreus, foi DEUS quem a fez, como se pode ver no livro do Gênesis. Contudo, é com os antigos Gregos que a luz passa a ter uma realidade objetiva, ao perceberem que algo deveria existir no espaço compreendido entre os nossos olhos e os objetos que vemos.

Fragmento retirado de: BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.

**Para compreender como enxergamos precisamos fazer alguns questionamentos: Qual seria a importância da luz na visualização dos objetos? Seria possível que em uma sala totalmente escura, possamos visualizar um objeto de cor clara? Para que um objeto seja observado qual seria o caminho a ser percorrido pela luz?**

Pensando nas perguntas acima responda:

#### Antes de se apagar a luz

1) Com total ausência de luz, quais dos objetos colocados em cima da mesa seriam possíveis de serem visualizados por vocês? Explique porque vocês veriam esses objetos.

#### Depois que as luzes se apagaram

2) Quais objetos conseguiram visualizar? Explique as suas conclusões.

3) Qual é a importância da luz para a visualização dos objetos?

## APÊNDICE F – Atividade de ensino 2

### Atividade de ensino 2 : “Luz e Sombras”

Nomes: \_\_\_\_\_

*Antes de iniciar cada experimento, debata com os seus colegas e faça uma previsão do que irá acontecer, anote essa previsão na folha e depois realize a experimentação, mesmo que a previsão do grupo esteja inconsistente com o experimento, não apague, compare sua previsão com o resultado do experimento e escreva uma nova conclusão.*

#### Roteiro: Luz e sombras

**Material:** três máscaras de papel cartão preto (18 cm x18 cm) com furo circular de 1,5 cm de diâmetro, duas fontes pequenas de luz, 1 anteparo 20cm x 30 cm, prendedores de roupa e régua .

**I) Material: uma lâmpada pequena, a máscara de papel com furo circular, régua e anteparo.**

a) Mantendo uma distância de 10 cm entre o anteparo e a máscara e de 20 cm entre a lâmpada e a máscara com buraco circular, preveja o que acontecerá na tela quando a lâmpada for acesa. Explique com suas palavras e com um esboço.

Previsão:

b) Agora, realizem o experimento. A previsão está de acordo com o experimento? Justifique por escrito confrontado as suas previsões com os resultados do experimento.

**II) Material: duas lâmpadas pequenas, a máscara de papel com furo circular, régua e anteparo.**

a) Mantendo uma distância de 10 cm entre o anteparo e a máscara e de 20 cm entre as lâmpadas e a máscara com buraco circular, preveja o que acontecerá na tela quando as duas lâmpadas forem acesas. Explique com suas palavras e com um esboço.

Previsão:

b) Agora, realizem o experimento. O resultado está de acordo com as previsões? Justifique por escrito confrontado as suas previsões com os resultados do experimento.

c) Se em vez de duas lâmpadas acendêssemos três, o que aconteceria com a sombra projetada no anteparo? Porque vocês acham que isso acontece?

**III) Coloque os três cartões em fila, de forma que os orifícios fiquem perfeitamente alinhados, posicione o anteparo a uns 20 cm do último cartão.**

Antes de ligar a lâmpada

a) Quando vocês ligarem a lâmpada o que será visualizado no anteparo?

Com a lâmpada acesa

b) O que vocês podem observar no anteparo? Explique suas conclusões.

Ainda com a mesma montagem, porem com a lâmpada desligada, mexa em uma das máscaras circulares de forma que um dos furos não fique alinhado com os outros dois.

Com a lâmpada desligada preveja

a) O que vocês poderão ver no anteparo quando a luz for acesa? Justifique suas respostas.

Com a lâmpada acesa

b) O que acontece com o raio luminoso que era visualizado na demonstração anterior? Porque isso aconteceu?

c) Façam um esboço dos raios de luz que saem da fonte de luz e que vão até o cartão, de forma que esse esboço represente o que ocorreu na ultima experiência que vocês realizaram.

d) Com a fonte de luz acesa, coloque a mão na frente da fonte de luz, vocês perceberão a formação de uma sombra no anteparo, porque isso acontece?

e) De acordo com os experimentos realizados na aula de hoje, formule uma hipótese para a propagação da luz que explique a formação das sombras e a passagem da luz pelas mascarás com orifício.

## APÊNDICE G - Atividade de ensino 3

### Atividade de ensino 3: “Câmara escura”

Nomes: \_\_\_\_\_

Vocês receberam um dispositivo chamado câmara escura, por ele há um orifício e uma tela branca feita com papel vegetal a qual chamaremos de anteparo. Acenda a vela e coloque-a de frente para o orifício, com cuidado manipule a parte de dentro da câmara até que consigam ver a imagem da chama da vela.

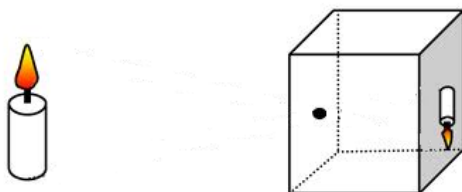
*Converse com o seu grupo e responda os questionamentos abaixo.*

a) Vocês perceberam a formação de uma imagem no anteparo da câmara escura, descreva as características dessa imagem e se possível desenhe a imagem da vela que foi observada pelo grupo.

b) Como vocês explicariam o fato da imagem da vela ter se formado de ponta cabeça?

c) O que acontece com a imagem formada no anteparo quando vocês aproximam a câmara escura da vela? Debatam com o grupo e tentem explicar porque isso acontece.

d) Observe a imagem a baixo. Como vocês imaginam que devam ser os raios de luz provenientes da vela para que a imagem se forme na câmara escura? Faça um esboço no desenho abaixo.



Fonte: <http://duadriana1.blogspot.com.br/2013/09/situacao-de-aprendizagem-3-9-ano-visao.html>

e) Nas aulas anteriores trabalhamos com os princípios da óptica geométrica, qual(is) dos princípios podem ser usados para explicar a formação da imagem na câmara escura?

f) As imagens visualizadas por vocês foram nítidas? O que vocês fariam para aumentar a nitidez da imagem formada no anteparo?

g) Se aumentarmos o orifício da câmara escura, o que acham que irá acontecer com a imagem formada no anteparo?

## APÊNDICE H – Atividade de ensino 4

### Atividade de ensino 4: “Eclipses”

Nomes: \_\_\_\_\_

Lembrando dos conceitos de propagação retilínea da luz e de câmara escura resolva os problemas abaixo.

1) Eclipses são fenômenos astronômicos relativamente raros, de difícil observação. Ao longo da história, os eclipses foram associados a eventos terrenos e serviram, por vezes, como instrumentos para averiguação de teorias, presságios ou mesmo para a opressão de nações inteiras ou para a dominação cultural de outras.

Uma antiga lenda chinesa diz que durante um eclipse solar<sup>10</sup>, um dragão devora o Sol, regurgitando-o algum tempo depois. Entre os egípcios antigos, a explicação não era muito diferente: a Serpente Apófis, — a líder dos demônios e inimiga mortal do deus-sol, Rá —, de tempos em tempos colocava-se desafiadora à sua frente, impedindo sua luz de chegar à terra.

Em quase todas as culturas conhecidas existem lendas e mitos relacionados aos eclipses, assim como muitos relatos de origem duvidosa.

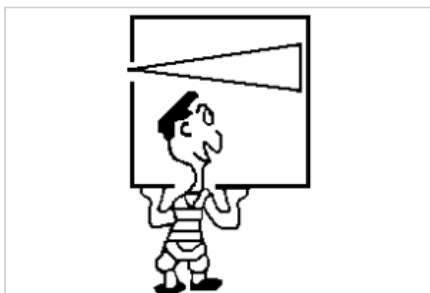
Fonte: [http://www.asterdomus.com.br/Artigo\\_os\\_eclipses.htm](http://www.asterdomus.com.br/Artigo_os_eclipses.htm)

Com base nos conteúdos trabalhados responda as questões.

a) Diferente de tempos atrás atualmente já se tem explicações científicas sobre os eclipses, discuta com o seu grupo a ocorrência de eclipses solares e lunares e em seguida escreva abaixo porque acontecem os eclipses.

b) Faça um esquema (desenho) representado um eclipse Lunar e um eclipse solar, indique o caminho percorrido pelos raios luminosos para que esses eclipses possam acontecer e a posição de cada um dos astros, nomeando-os.

2. (Unaerp - adaptada) Uma brincadeira proposta em um programa científico de um canal de televisão, consiste em obter uma caixa de papelão grande, abrir um buraco em uma de suas faces, que permita colocar a cabeça no seu interior, e um furo na face oposta à qual o observador olha. Dessa forma ele enxerga imagens externas projetadas na sua frente, através do furo à suas costas.



Debata com o seu grupo sobre esse fenômeno e digam qual princípio se baseia a formação da imagem nesse dispositivo. Que tipo de imagem vocês observarão?

4. A câmara escura é um dispositivo que permite a formação de imagens por meio de um pequeno orifício que permite a passagem da luz. Conversem entre si e procurem se lembrar de outros objetos ou sistemas que se assemelham a uma câmara escura e os liste abaixo.

5. O motorista de um carro olha no espelho retrovisor interno e vê o passageiro do banco traseiro. Se o passageiro olhar para o mesmo espelho verá o motorista. Como vocês explicam esse fato?

<sup>10</sup> Lua encobre a luz solar na Terra

## APÊNDICE I– Atividade de ensino 5

### Atividade de ensino 5: “Lentes”

**Nomes:** \_\_\_\_\_

Podemos dizer que umas das grandes heranças que a Física deixou para a humanidade foi o estudo das lentes e com isso a possibilidade de fabricação dos óculos, câmeras, projetores entre outros artefatos. Já imaginaram quantas pessoas teria dificuldades de realizar suas atividades cotidianas por ter baixa ou quase nenhuma visão? Pensando na importância das lentes para os seres humanos, vamos estudar esses dispositivos para entender suas características e compreender como as lentes podem auxiliar na correção de problemas de visão e proporcionar uma maior qualidade de vida para nós, seres humanos.

Cada grupo irá receber um conjunto com quatro lentes, laser e uma câmara escura com lente. Após conferir seu conjunto, leia as questões abaixo, debata com seu grupo e depois responda as perguntas.

1) Vocês receberam quatro lentes, é possível notar alguma característica em comum entre essas lentes? Se Sim, diga quais lentes tem características em comum e descreva essas características.

2) Usando as lentes 1 e 2, observe as letras escritas em uma folha de papel e descrevam o que aconteceu? Vocês têm alguma hipótese para explicar isso?

3) Usando uma lente de cada vez, acenda as duas lâmpadas do laser e incida essa luz sobre a lente, debatam sobre o que vocês observaram e anotem o que acontece com os raios de luz.

Lente 1
Lente 2
Lente 3
Lente 4

4) Na atividade três foi possível observar alguma característica em comum entre as lentes? Se sim, agrupe as lentes com características comuns e escrevam quais são essas características.

5) As lentes que vocês agruparam na atividade 4, coincidem com o agrupamento que fizeram na atividade 1? Se não coincidiram, formule uma hipótese para explicar o equívoco.

6) As lentes são classificadas em convergentes e divergentes. Debata com o seu grupo e utilizando a tabela da atividade 3, classifique as quatro lentes que o grupo recebeu.

7) Vocês notaram alguma diferença entre a câmara escura que receberam no encontro passado com essa que estão manipulando agora? Se sim, qual é a diferença?

8) A imagem nessa câmara escura é formada com a mesma nitidez que a câmara escura da aula anterior? O que mudou?

9) Meçam na parte móvel da câmara escura, aproximem essa parte do orifício e depois afastassem. Descrevam o que aconteceu com a imagem quando vocês movimentaram o anteparo da câmara escura e tentem criar uma hipótese para explicar esse fenômeno.

10) Na opinião do grupo, o que esse dispositivo faz para que a imagem seja mais nítida? Qual dispositivo vocês acham que foi usado para melhorar a nitidez da imagem?

11) Pensem na prática que realizaram sobre lentes e a classificação que fizeram no item 6, e tentem explicar porque a imagem formada na câmara escura é mais nítida quando o anteparo está em uma determinada posição.

12) Na aula anterior, conversamos sobre o orifício da câmara escura (que era bem pequeno), ao aumentar o orifício a imagem ficava mais borrada. Vocês perceberam que nessa montagem a câmara escura de orifício tem uma entrada de luz bem maior, porque nesse caso a imagem é formada com nitidez?

13) Debatam entre si, e digam com qual(is) lente(s) a lente utilizada na câmara escura se assemelha.

14) Converse com seu grupo sobre as mais variadas utilizações das lentes, descreva algumas dessas utilizações que foram citadas durante o debate.

## APÊNDICE J - Atividade de ensino 6

### Atividade de ensino 6: “olho humano”

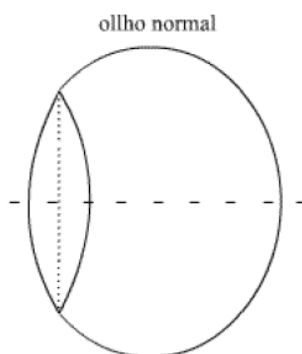
Nomes: \_\_\_\_\_

---

#### Roteiro: olho humano

Na lousa óptica vamos representar algumas situações sobre o olho humano, em cada questão vocês devem conversar entre si e colocar as apreensões gerais do grupo antes e depois de realizado a demonstração, caso as conclusões estejam em desacordo com o que foi exposto NÃO apague, escreva as novas conclusões pontuando o porque a anterior estava errada.

1. Abaixo você tem uma figura de um olho normal, represente em qual lugar os raios de luz devem incidir para que enxerguemos uma imagem nítida.



2. Seu professor passará feixes de luz pela lente mostrando onde os raios devem incidir, se o desenho do grupo não estiver de acordo, resolva a inconsistência .

3. Analisando os raios de luz que foram demonstrados pelo professor e sabendo que essa é a representação esquemática do que acontece dentro de nosso olho, converse com o seu grupo e classifique o cristalino de nosso olho em lente convergente ou divergente, explicando porque.

4. Qual é a relação de nosso olho, com a câmara escura estudada na aula anterior?

5. Se recorrermos à literatura, certamente encontraremos interpretações bem distintas para o processo da visão, tida como uma janela que permite a entrada ou a saída de algo. A interpretação predominante é aquela que, mesmo de maneira sutil, admite a existência de “emanações” que partem dos olhos e atingem o objeto mirado e capturam sua forma, cor, tamanho e demais detalhes. Em frases como “Ela o fulminou com o olhar”, ou “ Seu olhar penetra nas profundezas da minha alma”, ou ainda “ a luz dos seus olhos me ilumina”, podemos perceber uma ideia semelhante aos raios visuais.

(PIETROCOLA, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico:**Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, p. 388, 2010.)

Comente a frase “a luz dos seus olhos me ilumina” relacionando com os conceitos que foram estudados por nós até esse momento.

6. Para sintetizar o que aprendemos até o momento, converse com o seu grupo e explique como é possível que vocês enxerguem o que está escrito nessa folha? Tentem descrever todo processo que ocorre na visão, pontuando o caminho percorrido pelos raios luminosos até que atinjam a retina de nosso olho. (tentem detalhar o máximo possível esse processo).



**APÊNDICE K - Produto educacional**

CAROLINE PRADO BRIGNONI  
PAULO HENRIQUE DE SOUZA

**EXPERIMENTO DIDÁTICO  
FORMATIVO: A FORMAÇÃO DA  
IMAGEM NO OLHO HUMANO**

**Caros profissionais da educação,**

Este produto educacional foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado: A formação de imagens no olho humano: um experimento didático-formativo na perspectiva do ensino desenvolvimental de Davydov, do Mestrado em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás –Câmpus Jataí e trata-se de um Experimento Didático Formativo, que foi elaborado com base na teoria do ensino desenvolvimental, proposta por Davydov.

Esse experimento didático reúne alguns conceitos básicos sobre a teoria do ensino desenvolvimental e aponta sugestões de atividades de ensino para serem desenvolvidas com alunos do ensino médio acerca do conceito de luz e formação de imagem no olho humano, as atividades podem ser reformuladas e adaptadas de acordo com a necessidade da turma e do professor.

Esperamos que as informações aqui reunidas possam apoiar os profissionais da educação durante o processo de ensino e aprendizagem, contribuindo para um ensino de Física mais próximo da realidade dos alunos e que tenha mais significado.

## INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio- PCNEM, apontam que o ensino de Física tem se apresentado de forma desarticulada, oferecendo aos alunos conceitos, leis e fórmulas que se distanciam da realidade vivida pelos discentes, o que tem levado a significados vazios de reflexão teórica (Brasil, 2000). A questão do ensino de Física não se pauta na seleção de novas listas de conteúdos, mas sim em promover um conhecimento contextualizado, que preze a aprendizagem e que assegure a autonomia de aprender do educando.

Na busca por uma proposta de ensino-aprendizagem que faça dos alunos sujeitos mais ativos no processo de construção do conhecimento é que o Ensino Desenvolvimental tem sido pensado. A proposta do psicólogo russo Vasily Vasilyevich Davydov é um desdobramento pedagógico da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky e tem como objetivo a formação do pensamento abstrato, por meio da formação de conceitos, caracterizado pela atividade de aprendizagem. Segundo Freitas (2012), o Ensino Desenvolvimental possibilita o aluno ir além da resolução de problemas, pois a apropriação do conceito permite o desenvolvimento de procedimentos mentais superiores que podem ser usados para resolver outros tipos de problemas de mesma natureza. Nessa perspectiva, o ensino não é uma atividade de memorização e replicação, mas sim de compreensão e transformação.

A teoria do Ensino Desenvolvimental, segundo Libâneo e Freitas (2006), destaca-se entre outras razões, pela consideração dos motivos dos alunos, ou seja, é necessário analisar a necessidade que aquele aluno tem de estudar determinado assunto para assim reverter o quadro de desinteresse. As tarefas são elaboradas de modo a compreender um conceito chave, que deve satisfazer as inquietações dos alunos; o que é ensinado deve ter significado, é preciso que o aluno queira aprender determinado conceito. Libâneo e Freitas (2006) destacam que essa associação entre o assunto a ser aprendido e a motivação do aluno é o ponto fundamental do Ensino Desenvolvimental, já que cada vez mais segundo Chassot (2003), tem se perdido o sentido de ensinar ciências na escola contemporânea, o que tem acarretado desinteresse nessas disciplinas por parte dos alunos.

A proposta de usar a aprendizagem por meio de conceitos (Teoria do Ensino Desenvolvimental) é uma tentativa de mudar o olhar dos alunos, mostrar que a Física pode estar ao alcance de nosso conhecimento e que o conteúdo transcende a aplicação de fórmulas, que o que está posto ali são explicações para fenômenos naturais que acontecem no nosso dia a dia.

Davydov (1988) destaca que a “A essência do conceito filosófico-psicológico materialista dialético da atividade está em que ele reflete a relação entre o sujeito humano como ser social e a realidade externa - uma relação mediatizada pelo processo de transformação e modificação desta realidade externa” (DAVYDOV, 1988, p. 13). As premissas do Ensino Desenvolvimental se pautam em atividades que considerem os motivos dos alunos e com isso ela permite ao aluno ir mais longe, ele pode ampliar sua visão e exercitar a capacidade de refletir sobre as situações e procurar soluções para os mais variados problemas. A relação entre sujeito e o meio externo é evidenciada, já que o aluno é visto como protagonista em seu desenvolvimento e a ele são oferecidos conhecimentos que, além de estimular o desenvolvimento de ações mentais, também incentiva o olhar crítico.

Frente aos problemas de aprendizagem dos alunos na disciplina de Física essa pesquisa coloca-se em busca de metodologias que possibilitem uma maior participação dos alunos no processo de aprendizagem, que mostrem alternativas as práticas tradicionais de ensino. Nessa perspectiva apresenta-se aqui o experimento didático formativo que foi elaborado para ensinar a alunos do ensino médio, os conceitos de propagação da luz e formação de imagem no olho humano. Buscou se por meio de atividades de ensino tornar os alunos mais ativos no processo de aprendizagem e incentivar o gosto pela disciplina.

## O EXPERIMENTO DIDÁTICO FORMATIVO

O experimento didático formativo é um procedimento investigativo característico da teoria histórico-cultural, estudado na antiga União Soviética em 1950 por Vigotski e seus colaboradores, esse método recebia o nome de genético Causal. Segundo Davydov (1988) o objetivo era pesquisar o surgimento das novas estruturas mentais mediante sua formação orientada por objetivos.

O experimento didático formativo é um método de pesquisa que busca estudar o desenvolvimento mental dos alunos. Segundo Davydov “O estudo das peculiaridades da organização do ensino experimental e sua influência no desenvolvimento mental dos escolares exigiu a aplicação de um método especial de pesquisa, que, na psicologia, é comumente chamado de *experimento formativo*.” (DAVYDOV, 1988, p. 186). O autor ainda pontua que o desenvolvimento mental do ser humano se realiza durante o processo de sua educação e ensino e que, o experimento formativo foi desenvolvido para estudar esse processo.

Nessa perspectiva o experimento didático formativo segundo Miranda et al. (2011), orienta a elaboração de planos de ensino no qual o objetivo é desenvolver e avaliar atividades capazes de elevar o nível de pensamento dos alunos. A principal característica desse método está na intervenção ativa do pesquisador, que segundo Davydov (1988) se diferencia do experimento de constatação que enfoca o estado já formado.

A realização do experimento formativo pressupõe a projeção e modelação do conteúdo de novas formações mentais a serem constituídas, dos meios psicológicos e pedagógicos e das vias de sua formação. Na investigação dos caminhos para realizar esta projeção (modelo) no processo do trabalho de aprendizagem cognitiva com as crianças, pode-se estudar também as condições e as leis de origem, de gênese das novas formações mentais correspondentes. (DAVYDOV, 1988, p. 188).

O enfoque não está nas ações já formadas, mas, sim naquelas que os estudantes ainda irão desenvolver por meio das relações entre professor, alunos e atividade de ensino. Borges (2016) pontua que o experimento didático formativo representa uma alternativa para as pesquisas que tem como enfoque a relação entre ensino e aprendizagem, e pode trazer avanços para a didática das metodologias específicas das disciplinas. O autor ressalta que sua utilização requer alguns cuidados por parte do pesquisador, como: ter conhecimento dos princípios da teoria histórico-cultural, domínio do conteúdo e dos procedimentos metodológicos da disciplina ensinada e também dos procedimentos didático-pedagógico do ensino.

Aquino (2014) destaca que o experimento didático formativo vai além de uma metodologia de pesquisa, “convertendo-se, também, em método de ensino e educação

experimentais, orientado a potencializar a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual, físico e emocional dos alunos.” (AQUINO, 2014, p. 4647). Assim, ele também é uma investigação pedagógica que tem como objeto de pesquisa o professor e o aluno em atividades de ensino e aprendizagem.

A riqueza do experimento didático formativo está na possibilidade de observação detalhada do desenvolvimento dos alunos e na aprendizagem que é provocada na sua condução, segundo Aquino (2014) ele permite superar o estudo das particularidades psicológicas isoladas dos alunos e apontar características do desenvolvimento integral.

#### PARA SABER MAIS

AQUINO, Orlando Fernández. O experimento didático-formativo: contribuições para a pesquisa em didática desenvolvimental. In: Encontro nacional de didática e prática de ensino, 17., 2014, Fortaleza. **Ebook**. Fortaleza, Ce: Eduece, 2015. p. 4645 - 4657.

BORGES, Lucas Bernardes. **Ensino e aprendizagem de Física: contribuições da teoria de Davydov**. 2016. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.

LIBÂNED, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Vygotsky, Leontiev, Davydov - três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática. In: congresso brasileiro de historia da educação, 4. **Anais CBHE**. Goiânia, 2006. p. 1 - 10

## PLANO DE ENSINO DESENVOLVIMENTAL

Buscando as contribuições de um plano de ensino baseado na teoria do ensino desenvolvimental para a formação do conceito de formação da imagem no olho humano em alunos ensino médio, elaborou-se seis atividades de ensino que foram divididas em quatro unidades didáticas e desenvolvidas em onze aulas. “Por ‘unidade didática’ entenda-se aqui um conjunto estruturado de atividades de ensino e aprendizagem, numa sequência lógica, visando à consecução de objetivos de aprendizagem.” (LIBÂNEO; FREITAS, 2009, p.1).

O plano de ensino elaborado tem o objetivo de fazer com que os alunos entendam como acontece o processo de formação de imagem no olho humano, a questão central que os alunos precisam responder é: “como podemos enxergar um objeto? O que é necessário para que isso ocorra?”. Para responder a essas questões os alunos realizaram uma série de tarefas que foram estruturadas com base na teoria do ensino desenvolvimental e são apresentadas a seguir.

O estudo lógico-histórico realizado mostrou que, para compreender a formação da imagem no olho humano é necessário que os alunos se apropriem de outros conceitos que são fundamentais como: corpos luminosos, propagação retilínea da luz, independência dos raios luminosos e lentes. Por conta dessa variedade de conceitos, dividiu-se o plano de ensino em unidades didáticas no qual cada unidade teria um conceito chave que estaria relacionado com a questão principal do plano de ensino, que é entender como são formadas as imagens no olho humano.

Em seguida é apresentado o plano de ensino e cada unidade didática bem como as atividades elaboradas, as atividades podem ser adaptadas de acordo com a necessidade da turma e do professor.

## PLANO DE ENSINO SOBRE FORMAÇÃO DE IMAGEM NO OLHO HUMANO

Disciplina: Física

Turma: 2º série do Ensino Médio

Tópico: Óptica geométrica

Número de alunos: 37

Número de aulas: 11 aulas

Duração da aula: 45 min

Professora: Caroline

Número de unidades didáticas: 4

### 1º UNIDADE DIDÁTICA

*Conceito:* Propagação retilínea da Luz

*Objetivo Geral:* compreender que a luz se propaga em linha reta.

*Número de aulas:* 4 aulas

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – o que é possível enxergar no escuro e atividades sobre luz e sombras.
2. Criação de um modelo – pedir aos alunos que expliquem porque acham que alguns objetos que podem ser vistos na sala escura; pedir aos alunos que escrevam explicações para as atividades práticas realizadas na atividade luz e sombras.
3. Modificação dos modelos - após realizarem os experimentos de cada aula, solicitar aos alunos que revejam os modelos e se os mesmos condizem com a situação apresentada, caso seja necessário eles podem fazer alterações nos modelos que criaram.
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os alunos deverão explicar a formação da sombra da mão;

#### DICA

Para maiores informações sobre como montar os experimentos veja seção: Descrição das unidades didáticas (página 170).

#### 1º aula

Conteúdo: apresentação da pesquisa e levantamento de conhecimentos prévios.

Objetivos específicos:

- Apresentar a metodologia da pesquisa e recolher o termo de consentimento de participação na pesquisa.
- Identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre luz e imagem.

1º momento: apresentar a pesquisa aos alunos falando sobre os principais objetivos e da importância da participação de cada um. Esclarecer que a participação é facultativa, que a identidade de cada um será preservada e que o acesso as gravações realizadas durante todas as aulas será de uso exclusivo da pesquisadora.



2º momento: aplicação da tarefa diagnóstica, o objetivo é identificar os conhecimentos prévios dos alunos por meio da aplicação de uma tarefa com 13 perguntas, os alunos deverão responder ao teste individualmente.

## 2º aula

Conteúdo: percurso lógico-histórico da visão.

Objetivo específico:

- Identificar a importância da visão para a percepção do mundo e entender a necessidade histórica do surgimento do conceito de propagação da luz e visão.

Atividade desenvolvida: Leitura e debate do texto “Visão: das trevas a óptica geométrica”

Desenvolvimento: Será feita a leitura coletiva e em voz alta do texto: “Visão: das trevas a óptica geométrica”, o objetivo é debater a importância da visão para a percepção do mundo e como a compreensão desse sentido humano vem despertando o interesse e a curiosidade do homem ao longo dos séculos. Em seguida será feito o debate coletivo sobre o texto. Perguntas para auxiliar o debate:

- 1) porque os filósofos citados no texto não chegavam as mesmas conclusões?
- 2) qual eram as estratégias que os pensadores gregos usaram para chegar em suas conclusões?
- 3) o que é necessário para que um objeto possa ser visto?

Avaliação: os alunos serão avaliados por meio da participação durante o debate do texto, suas respostas darão indícios de como eles pensam o processo de formação de imagem no olho humano.

## 3º aula

Conteúdo: importância da luz.

Objetivo Específico:

- Investigar a importância da luz para enxergar um objeto.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 1- “Sala do nada”

Desenvolvimento: como todas as atividades serão desenvolvidas em grupos, inicialmente separar a sala em grupos com 4 a 5 integrantes. Preparar uma sala na qual todas as entradas de luz sejam vedadas. Iniciar a aula com a situação problema baseada na crônica da óptica geométrica, levando os alunos a refletirem sobre qual é o caminho percorrido pela luz ate que consigamos enxergar um objeto e qual objeto seria possível enxergar em uma sala totalmente escura. No primeiro momento os alunos terão que fazer uma previsão sobre quais dos objetos colocados em uma mesa seriam possíveis de enxergar se as luzes fossem apagadas, em seguida, os alunos deverão socializar suas anotações dizendo o porquê escolheram tais objetos. Após a socialização a luz será apagada e os alunos deverão relatar as suas sensações e se conseguem ou não enxergar algum objeto. Ao final da aula cada grupo deverá socializar suas anotações e conclusões sobre a necessidade da luz para a visão.

Materiais: sala escura, objetos com diferentes cores, papel e caneta.

Avaliação: os alunos serão avaliados por meio da participação na aula e das anotações dos durante o experimento, os comentários dos alunos serão gravados para posterior análise e a atividade de ensino que foi entregue no início da aula será recolhida.

## 4º aula

Conteúdo: propagação retilínea da luz.

Objetivo específico:

- Compreender que a luz se propaga em linha reta.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 2 - “Luz e sombras”

Desenvolvimento: ainda em grupo, os alunos irão trabalhar com atividades investigativas sobre luz e sombras os alunos irão realizar práticas cujo objetivo é concluir que a luz se propaga em linha reta e por isso temos a formação das sombras.

Materiais: três máscaras de papel cartão preto (18 cm x 18 cm) com furo circular de 1,5 cm de diâmetro, duas fontes pequenas de luz, um anteparo 20 cm x 30 cm, régua, roteiro de atividades e caneta.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas de perto pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

## 2º UNIDADE DIDÁTICA

*Conceito:* formação de imagem.

*Objetivo Geral:* compreender como a imagem é formada em uma câmara escura.

*Número de aulas:* 3

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – imagem que se forma de cabeça para baixo;
2. Criação de modelos – solicitar aos grupos que debatam e criem modelos para explicar a formação da imagem invertida na câmara escura;
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – modelação do conceito de propagação retilínea da luz para explicar a formação da imagem invertida na câmara escura;
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os alunos irão resolver a atividade de ensino 4, sobre eclipses, para aplicarem o conceito de propagação retilínea da luz em um caso particular.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;
6. Avaliação – essa ação deve ser realizada em todos os momentos tanto pelos alunos que devem fazer uma análise consciente se aprenderam o conceito, quanto pelo professor que deve ficar atento a todo o processo, ao final também se aplica um instrumento de avaliação que é a atividade de ensino 4 - Eclipses.

### 5º e 6º aula

Conteúdo: Formação de imagem na câmara escura.

Objetivo específico:

- Compreender como a imagem é formada em uma câmara escura.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 3 - “Câmara escura”

Desenvolvimento: os alunos iniciarão a aula assistindo os 16 primeiros minutos do episódio 5 vídeo da série “Cosmos uma odisséia no espaço”<sup>11</sup>, no qual aborda a história da câmara escura, o vídeo mostra o contexto histórico do surgimento desse aparato. Em seguida cada

<sup>11</sup> Disponível em: <https://www.xn-documentariosonline5rb.blog.br/2014/04/cosmos-episodio-04-escondido-na-luz.html>

grupo irá receber uma câmara escura e uma vela, para que manipulem e percebam que a imagem em uma câmara escura se forma de cabeça para baixo. Eles serão questionados oralmente a darem uma explicação para esse fenômeno e posteriormente receberão a atividade de ensino na qual por meio de desenhos e debate em grupo, deverão explicar a formação da imagem na câmara escura.

Materiais: aparelho de multimídia, caixa de som, câmara escura e vela.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas de perto pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

### **7º aula**

Conteúdo: propagação retilínea e formação de imagem

Objetivo específico:

- Aplicar os conhecimentos de câmara escura e propagação retilínea na solução de problemas.

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 4 - “Eclipses”

Desenvolvimento: sentados em grupos os alunos deverão resolver alguns problemas que envolvem câmara escura e propagação retilínea da luz, o objetivo é que eles apliquem os conhecimentos aprendidos até o momento nessa atividade.

Materiais: lista de atividades, lápis e borracha.

Avaliação: os alunos deverão resolver a atividade de ensino em grupo, essa atividade será acompanhada pela professora e recolhida para posterior análise.

## **3º UNIDADE DIDÁTICA**

*Conceito:* Lentes divergentes e convergentes

*Objetivo Geral:* Entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente

*Número de aulas:* 2

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – nitidez da imagem, qual lente usar na câmara escura;
2. Criação de modelos – os grupos deverão observar e representar os raios de luz projetado pelas lentes ;
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – por meio de desenhos e textos os alunos precisam perceber que existem raios que se juntam e se espalham, e associar esse comportamento dos raios as lentes convergentes e divergentes;
4. Aplicação do modelo em casos particulares – os grupos deverão aplicar o modelo criado para uma das lentes para explicar a formação de imagem com maior nitidez em uma câmara escura com lente.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;

### ATENÇÃO

Ao aplicar essa unidade didática verificou-se a necessidade de trabalhar formação de imagens em lentes. Para saber mais leia:

BRIGNONI, Caroline Prado. **A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV**. 2018. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação Para Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2018.

### 8° e 9° aula

Conteúdo: Lentes convergente e divergentes

Objetivo específico:

- Entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 5 - “Lentes”

Desenvolvimento: iniciar a aula com uma breve fala sobre lentes, sobre como são importantes, falando que os óculos foram uma das grandes heranças da Física clássica para a humanidade, e essa invenção só foi possível por conta dos estudos e aperfeiçoamento das lentes. Passar a numeração das lentes no quadro, para que os alunos possam usar um padrão de numeração para cada lente e em seguida entregar as lentes aos grupos e o roteiro de atividades para que eles investiguem as propriedades das lentes. Ao final da aula os grupos receberão uma câmara escura com uma lente, deverão manipular a câmara escura e responder alguns questionamentos que estão no roteiro de atividades, o objetivo dessa parte é fazer com que os alunos percebam que o uso da lente melhorou a nitidez da imagem.

Materiais: conjunto de lentes convergente e divergentes (4 lentes para cada grupo), laser duplo e câmara escura com lente.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas de perto pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

### 4° UNIDADE DIDÁTICA

Conceito: formação de imagem no olho humano

*Objetivo Geral:* Compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular

*Número de aulas:* 2

*Ações de aprendizagem a serem desenvolvidas:*

1. Criação e desenvolvimento do problema – explicar a formação da imagem no olho humano.
2. Criação de modelos – por meio da atividade de ensino os grupos terão que criar modelos por meio de desenhos ou texto para explicar o caminho percorrido pela luz até atingir a retina.
3. A modificação desses modelos para estudar o conceito em sua forma pura – os alunos precisarão associar os conceitos de: propagação retilínea da luz e lentes para desenvolver a explicação correta de como acontece a formação da imagem no globo ocular.

4. Aplicação do modelo em casos particulares – quando estão aplicando todos os conceitos aprendidos até o momento na formação de imagem no olho humano estão usando os modelos que criaram em um caso diferente do estudado.
5. Controle das ações anteriores - realizado por meio de observação, o professor deverá ficar atento o tempo todo para garantir a participação de todos os alunos e se as atividades estão sendo realizadas como foram propostas;
6. Avaliação – essa ação deve ser realizada em todos os momentos tanto pelos alunos que devem fazer uma análise consciente se aprenderam o conceito, quanto pelo professor que deve ficar atento a todo o processo, ao final os alunos deverão fazer uma roda de conversa orientada pela professora para exporem os conceitos aprendidos durante todo o experimento.

### **10° e 11° aula**

Conteúdo: formação da imagem no olho humano

Objetivo específico:

- Compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular
- Avaliar a metodologia utilizada durante as aulas

Atividade desenvolvida: atividade de ensino 6 - “olho humano”

Desenvolvimento: Diferentemente das outras aulas, nessa aula o experimento será realizado inicialmente no quadro pela professora, os alunos poderão manipular o experimento posteriormente, o motivo é por não ter materiais para todos os grupos. Por meio de uma imagem do olho humano projetada no quadro com o data show, explicar as partes do olho e a função de cada uma dessas partes principais, em seguida entregar o roteiro de atividades para que os alunos executem. Após o término da atividade, passar o vídeo “Cinco sentidos”<sup>12</sup> da série viagem fantástica para falar sobre a importância da visão e fazer uma retomada as perguntas da primeira aula em uma roda de conversa. Perguntas para auxiliar na roda de conversa:

- O que é necessário para enxergarmos um objeto?
- Qual é o papel da luz para a visão?
- Porque as sombras são formadas?
- Porque acontecem os eclipses?
- Como são classificadas as lentes?
- Como as imagens são formadas na câmara escura?
- A luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos?
- O que enxergaríamos em uma sala totalmente escura?
- Como enxergamos?

Ao final da aula fazer a avaliação da metodologia em grupo, perguntas para direcionar a avaliação:

- Vocês acreditam que aprenderam mais do que em uma aula tradicional?
- Gostou da maneira como as aulas foram realizadas?

---

<sup>12</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RjvsqhYYSkE&t=359s>

- Tem sugestões para melhorar a metodologia?
- Você teve dificuldades de entender as atividades que foram propostas?
- Quais foram suas maiores dificuldades?
- Relate o que aprendeu sobre luz e formação de imagem no olho humano.

Avaliação: todas as atividades desenvolvidas são acompanhadas de perto pela professora, isso possibilita a interação entre os alunos e a docente, e também o acompanhamento do desenvolvimento da aprendizagem de cada grupo, além disso, as atividades realizadas em grupo são recolhidas e analisadas pela professora.

## ESTUDO LÓGICO-HISTÓRICO SOBRE FORMAÇÃO DE IMAGEM NO OLHO HUMANO

O ensino desenvolvimental, segundo Freitas (2011), visa à promoção do desenvolvimento da atividade mental dos alunos. A autora afirma que isso é possível por meio da aprendizagem por conceitos, “[...] o ensino na perspectiva da teoria histórico-cultural, privilegia a formação de conceitos como processo básico que influencia na formação de novas estrutura mentais” (FREITAS, 2011, p. 13), para formar conceitos é necessário que os alunos identifiquem a origem, a construção histórica do conhecimento que ele irá aprender. Assim, estudar como esse conhecimento foi desenvolvido foi essencial para elaborar as atividades de ensino.

Segundo Libâneo e Freitas (2015), a base do ensino desenvolvimental é o seu conteúdo, eles ressaltam que, desse conteúdo saem os métodos para a organização do ensino. Dessa forma, ter conhecimento do conteúdo e de sua historicidade permite delimitar o núcleo conceitual a ser estudado pelos alunos, porém para se determinar o núcleo conceitual de um conteúdo é necessário ter conhecimento sobre a origem histórica do mesmo.

Para chegar ao núcleo conceitual dessa pesquisa, que é a formação de imagem no olho humano, foram realizados vários estudos, dentre eles, destacamos a leitura do texto de Barros e Carvalho (1998), pois os autores contextualizam o estudo da óptica e pontuam quais eram as necessidades e curiosidades sobre a visão desde os pensadores da Grécia antiga. Também foram utilizados outros autores: Bassalo (1986), Forato (2007) e Pietrocola et al. (2010).

A luz e a formação de imagens são conteúdos que estão dentro do ramo da Física chamado óptica, esse ramo estuda a luz, sua interação com a matéria e a visão, e normalmente, é ensinado na segunda série do ensino médio, a seguir apresenta-se um estudo sobre o desenvolvimento dos conceitos de óptica, em especial sobre o estudo do olho humano e da formação de imagens e como esses conteúdos foram pensados no transcorrer do tempo.

Segundo Pietrocola et al. (2010), a busca por vencer a escuridão foi umas das primeiras necessidades da humanidade, isso fez com que nossos antepassados, na idade da pedra, buscassem por fontes de luz. O autor destaca que a conquista do fogo foi fundamental para sobrevivência humana, porém com o desenrolar do tempo não bastava apenas produzir o fogo ou vencer a escuridão, era necessário compreender como enxergamos, qual era a relação entre a claridade e a imagem que ser formava em nossos olhos.

A questão de como o homem enxerga foi colocada muitas vezes ao longo da história, segundo Barros e Carvalho (1998) a preocupação em entender como é possível enxergar um

objeto já existia na Grécia antiga, Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) e Platão (428 a.C. – 347 a.C.), assim como outros filósofos, questionavam sobre a natureza da luz e sobre o fato de conseguirmos enxergar objetos. Segundo as autoras, o que intrigava esses pensadores era a falta de contato direto entre o olho e o objeto visto.

Platão chegou a criar hipóteses para explicar a visão. Ele supôs que partículas saíam do olho e atingiam o objeto e assim era possível enxergá-lo. Leucipo de Mileto (500 a.C.) também tentava explicar a visão por meio da emissão de pequenas partículas chamadas *eidola*, que saíam dos objetos e atingiam o olho. Ele acreditava que um tipo de pele ou imagem se desprendia do objeto e chegava até os olhos, transferindo para a alma as cores e formas dos corpos observados. (Guimarães, Piqueira e Carron, 2014).

Outra teoria muito parecida com a de Platão era usada por Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.) e Pitágoras (570 a.C. – 495 a.C.), que defendiam que a visão não era uma propriedade dos objetos e sim do olho, para eles feixes visuais, também chamados de raios visuais, saíam dos olhos e interagiam com os objetos possibilitando enxergá-los. Os gregos reconheciam a importância da luz para ver um objeto, porém ainda não conseguiam explicar de forma clara como acontecia a interação entre luz, objeto e olho humano.

Barros e Carvalho (1998) e Pietrocola et al. (2010), entre outros autores, relatam que as hipóteses dos gregos foram contestadas, pois se assim fosse, como poderia se explicar o fato de não se enxergar um objeto em uma sala totalmente escura, outra dificuldade encontrada pelos gregos era a de explicar o fato de que mesmo distante um objeto poderia ser visto. Era difícil para os gregos admitir a ação à distância, então algum tipo de ligação entre fonte e objeto deveria ser admitido.

Segundo Barros e Carvalho (1998), Euclides (285 a.C.) desenvolveu o modelo pitagórico em um tratado chamado *óptica*, ele defendeu a ideia de que raios eram emitidos pelos olhos, em seu postulado, considera que os olhos emitem raios em forma de um cone, cuja base estaria na extremidade do objeto, ele também afirma que esses raios possuiriam velocidade constante e se propagavam em linha reta.

Apesar da tentativa de explicar a visão muitas perguntas não eram respondidas por esses filósofos, Barros e Carvalho (1998) e Pietrocola et al. (2010) levantam alguns desses questionamentos: como os raios visuais conseguiam alcançar objetos muito distantes? Como objetos de tamanhos grandiosos (como montanhas) conseguiam entrar na pupila dos observadores? Se os olhos ou os objetos emanavam partículas, como explicar o fato de não se enxergar em uma sala escura?



No século XI na escola arábica, Al Hazen foi responsável por expor os conflitos na teoria dos raios visuais, fazendo testes e utilizando principalmente a luz solar, ele constatou que ao olhar diretamente para o Sol e depois fechar os olhos, a pessoa continuava vendo o disco solar por algum tempo. Percebeu ainda que ao olhar para o Sol por algum tempo a pessoa sentia ofuscamento e dor, e mesmo após fechar os olhos, a dor permanecia por algum tempo, assim os raios visuais não poderiam emanar dos olhos, pois quando os fechasse essa sensação deveria cessar imediatamente (Barros e Carvalho, 1998).

Para explicar a visão, Al Hazen admitiu que os objetos eram formados por infinitos pontos e que cada ponto emitia em todas as direções imagens de si mesmo. A luz teria um papel fundamental em sua teoria e, segundo ele, os raios solares tinham o poder de arrancar os pontos de imagens dos corpos o que possibilitaria que esses pontos chegassem até o olho. A teoria formulada por Al Hazen mostra os primeiros indícios da teoria corpuscular da luz (BARROS; CARVALHO, 1998).

Outra importante contribuição do estudioso árabe foi à câmara escura. Segundo Pietrocola et al. (2010), a caixa mágica, como era chamada a câmara de orifício, que projetava imagens invertidas, já era conhecida na Grécia antiga, porém o mérito de desenvolvimento dessa caixa foi atribuída a Al Hazen, que a utilizava para observar eclipses solares sem ter que olhar diretamente para o Sol. A câmara escura também foi utilizada no século XIV por pintores e desenhistas para reproduzir imagens de paisagens além disso, ela foi um protótipo para a câmara fotográfica.

Após as considerações de Al Hazen o estudo da óptica não cessou, vários nomes contribuíram para o desenvolvimento desse ramo da Física, por exemplo: o monge alemão Teodorico Freiberg que, no ano de 1304, propôs uma explicação para o arco-íris, falando sobre refração e reflexão da luz solar por gotículas de água suspensas na atmosfera; Roger Bacon, em 1267, construiu lentes tornando-se o precursor do telescópio; a invenção do microscópio feita em 1590 pelo Holandês Hans Jessen; a construção de um telescópio de duas lentes por Hans Lippershey com finalidades de enxergar a longa distância e que acabou ganhando finalidade militar (BASSALO, 1986).

Como é possível notar, a óptica continuou se desenvolvendo, porém, segundo Bassalo (1986), durante esse período, ela tinha um caráter muito prático, o uso científico dos instrumentos que foram criados aconteceu no século XVII por vários nomes importantes da ciência, como: Johannes Kepler, Galileu Galilei e Isaac Newton.

Para Kepler os corpos externos consistiam de agregados de pontos. Cada ponto emitia em todas as direções raios retilíneos que se propagavam indefinidamente, ao menos que encontrassem algum obstáculo. Se um olho encontrava-se em frente destes pontos, então, todos os raios que entrassem no olho do observador formariam um cone, tendo o ponto como vértice e a pupila como base. Além disso, esses raios refratados pela córnea e partes internas do olho formariam um novo cone, cuja base estaria na pupila, mas cujo vértice estaria num ponto sobre a retina. (BARROS; CARVALHO, 1998, p.88).

A explicação de Kepler, assim como a de Al Hazen, considerava que os objetos são formados por pontos e que esses pontos emitiam imagens. Mas Kepler foi além, ele explicou como era possível enxergar objetos de tamanhos e distâncias diferentes. Barros e Carvalho (1998) explicam que ele defendeu a ideia do cone de raios, em sua explicação no objeto se encontrava o vértice do cone e na pupila a base, assim, considerava que o olho era capaz de receber raios divergentes formando os dois lados de um triângulo. Desta forma, a mente localizava o ponto a ser enxergado no vértice do cone, essa imagem alcançava a córnea e possibilitava a visão. Essa explicação utilizando o vértice e a base de um cone ficou conhecida como triângulo telemétrico.

Outro importante acontecimento científico que possibilitou aprofundar os estudos sobre a natureza da luz e a formação de imagens no olho humano foram os estudos do físico e astrônomo italiano Galileu Galilei. Um dos importantes feitos de Galileu foi o aperfeiçoamento do telescópio. Bassalo (1986) afirma que Galileu utilizou o telescópio às avessas para estudar a estrutura do olho de um inseto, assim como fez importantes considerações sobre as luas de Júpiter, os anéis de Saturno e outros astros do sistema solar.

Aperfeiçoando o telescópio de Galileu, estudando a câmara escura de orifício e buscando uma explicação para a formação de imagem no olho humano, em 1604 Johannes Kepler explica a visão, anunciando que os raios luminosos originados de objetos visíveis sofrem refração nas lentes do olho humano e projetam-se de forma invertida na retina, porém se equivoca quando diz que a velocidade da luz é infinita. Cabe ressaltar que apesar de explicar a formação de imagens por meio da refração da luz quando atravessava lentes, a interpretação completa do fenômeno foi dada setenta anos mais tarde pelo holandês Christian Huygens. Além de Huygens, outros importantes nomes contribuíram para entender e calcular o fenômeno da refração, entre eles: Willebrord Snell van Royen, René Descartes e Pierre de Fermat (BASSALO, 1986).

Isaac Newton (1643-1727) também contribuiu para o estudo da óptica. Segundo Guimarães, Piqueira e Carron (2014) foi ele quem deu a explicação racional para o

entendimento das cores e também contribuiu para entender a composição da luz. Passando um feixe de luz por um prisma, Newton observou que a luz branca era formada por várias cores.

Atualmente, sabe-se que é possível enxergar um objeto, por que ele reflete luz em todas as direções. Segundo Pietrocola et al. (2010) a pupila do olho, que tem funcionamento semelhante à câmara escura de orifício, seleciona alguns dos raios que são refletidos. Esses raios passam pelo cristalino, como em uma espécie de lente convergente que direciona para a retina. Esta por sua vez tem função de receber a luz e convertê-las em impulsos nervosos que por fim são transformados em percepções visuais.

Também é consenso no meio científico que a luz possui velocidade finita e possui uma natureza dual. Os físicos admitem que a luz ora se comporta como onda, ora como partícula. Esse assunto não é abordado na pesquisa, já que o conteúdo do experimento didático formativo foi baseado na óptica geométrica. Nesta perspectiva, considera-se a luz propagando-se como uma onda, sendo representada por raios ou feixes de luz.

O estudo lógico-histórico acima relatado foi de essencial importância para a definição do núcleo conceitual dessa pesquisa. Por meio da perspectiva lógico-histórica foi possível identificar que o núcleo conceitual desse trabalho é formação de imagem no olho humano, por meio do estudo também foi possível perceber que outros conceitos eram essenciais para entender o conceito nuclear, como: propagação retilínea da luz e lentes convergentes. Além de contribuir para determinar o núcleo conceitual, o estudo colaborou para a elaboração do texto que foi usado na primeira aula da primeira unidade didática.

**BRIGNONI, Caroline Prado. A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV. 2018. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação Para Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2018.**

## DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS

### Unidade didática 1

Objetivo: Compreender que a luz se propaga em linha reta.

Duração: 4 aulas de 45 minutos.

#### 1º aula

A primeira atividade dessa unidade didática é a aplicação do teste diagnóstico que deve ser realizado em uma aula de 45 minutos, esse teste permitirá ao professor fazer um levantamento dos conhecimentos prévios da turma e posteriormente separar a turma em grupos com diversos níveis de conhecimento.

#### **LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS – ÓPTICA GEOMÉTRICA**

01. Um amigo lhe diz, em um tom profundo, que a luz é a única coisa que somos capazes de ver. Seu amigo está correto?
- (A) Sim.
  - (B) Não.
  - (C) Não sei.
02. Admita que o Sol subitamente “morresse”, ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. 24 horas após este evento, um eventual sobrevivente, olhando para o céu, sem nuvens, veria:
- (A) a Lua e as Estrelas
  - (B) somente a Lua
  - (C) somente as estrelas
  - (D) uma completa escuridão
  - (E) Somente os planetas do sistema solar
03. Dos objetos citados a seguir, assinale aquele(S) que seria(m) visível(is) em uma sala perfeitamente escura.
- (A) um espelho;
  - (B) qualquer superfície de cor clara;
  - (C) um fio aquecido ao rubro;
  - (D) uma lâmpada desligada;
  - (E) um gato preto;

04. Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.



05. O fenômeno apresentado na ilustração abaixo é possível? Explique sua resposta.



( ) Sim ( ) Não

---



---



---

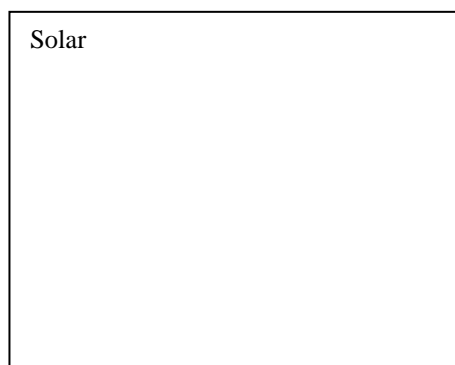
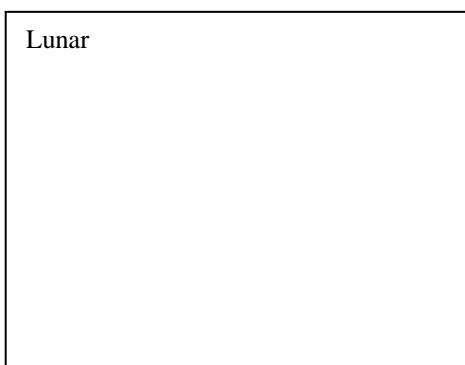
06. Porque acontecem os eclipses?

---



---

07. Faça um esquema que representem um eclipse lunar e um eclipse solar, representando a posição dos astros Sol, Lua e Terra.



08. Uma máscara com um buraco triangular é colocada entre uma pequena lâmpada e um anteparo. Veja a figura 3. Assinale qual item abaixo mostra corretamente o que você veria no anteparo ao acender a luz?

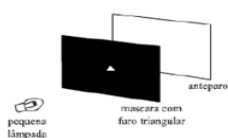


Figura 3



09. Uma aluna, Elisa, e seu professor discutem o que segue:

“Prof.: *Explique como você vê o livro.*”

Elisa: *Sinais nervosos vão desde meus olhos até meu cérebro.*

Prof.: *Sim, isto acontece entre os olhos e seu cérebro. Mas existe uma certa distância entre o livro e seus olhos. O que acontece entre eles?”*

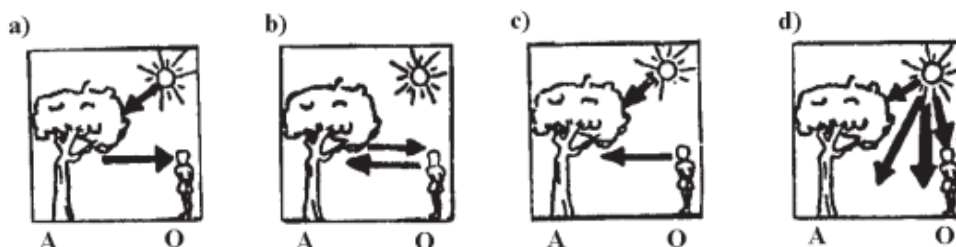


Figura 4

Com qual das alternativas seguintes você responderia à pergunta do professor?

- (A) Raios vão dos meus olhos até o livro de modo que assim posso vê-lo.
- (B) Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo.
- (C) A luz do ambiente refletida no livro chega até os meus olhos.
- (D) Os olhos emitem raios que retomam ao cérebro trazendo a informação da imagem.

10. As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto?



11. A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual(ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?

- (A) 1, 2 e 3
- (B) 1 e 2
- (C) 2 e 3
- (D) Apenas o 2.

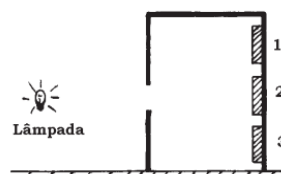


Figura 5

12. Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino funciona como uma lente:

- (A) convergente, formando imagens direitas e diminuídas;
- (B) divergente, formando imagens direitas e diminuídas;
- (C) convergente, formando imagens invertidas e diminuídas;
- (D) divergente, formando imagens direitas e ampliadas;

13. Imagine que uma grande árvore esteja de frente para uma caixa com um orifício, assim como ilustra a figura 6, a pessoa que está com a cabeça dentro da câmara escura, conseguiria ver projetado no anteparo:

- (A) Nada, pois o orifício é muito pequeno.
- (B) Somente parte da copa da árvore.
- (C) A árvore toda, com imagem invertida e em tamanho ampliado.
- (D) A árvore toda, com imagem invertida e em tamanho menor.
- (E) Nada, pois ele está de costas.



Figura 6

## 2º aula

Na segunda aula deve-se utilizar o texto “A visão: das trevas a óptica geométrica” que tem o objetivo de trazer informações históricas de como o conceito de visão foi pensado, relatando algumas explicações mitológicas e filosóficas sobre a construção desse conceito.

### A visão: das trevas a óptica geométrica

*Disse Deus: faça-se a luz, e fez-se a luz. E viu Deus que a luz era boa, e dividiu a luz das trevas. E chamou à luz dia e às trevas noite.*

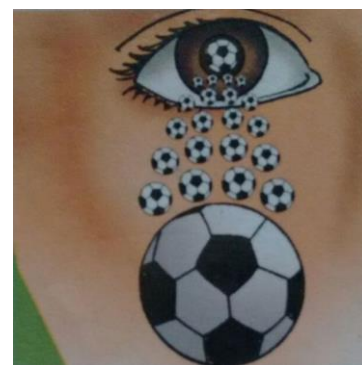
**Gn 1, 3-5**

Os olhos são a principal forma de perceber o mundo à nossa volta. A beleza de uma flor, as imagens da televisão, as letras de um livro, tudo chega até nós pela visão. Mas o que acontece durante esse processo? Qual é o papel da luz na visão?

A luz sempre foi objeto de interesse por parte da humanidade, desde que tomou consciência de que a noite era ausência da luz do Sol, assim como quando percebeu a existência de pontos brilhantes no céu escuro. Por outro lado então, logo que dominou o fogo, o homem percebeu que havia uma relação entre a luz e o fogo, já que ambos aquecem e iluminam. No entanto, como a luz parecia um fenômeno muito misterioso, as primeiras civilizações atribuíam sua origem aos Deuses de sua adoração. Assim, para os antigos Egípcios, a luz é Maât, filha de Rá, o Deus Sol, conforme nos fala Jean Rosmorduc no livro “De Tales a Einstein”. Já para os antigos Hebreus, foi Deus quem a fez, como se pode ver na bíblia no livro do Gênesis. Contudo, é com os antigos Gregos que a luz passa a ter uma realidade objetiva, ao perceberem que algo deveria existir no espaço compreendido entre os nossos olhos e os objetos que vemos. Porém, haviam algumas questões que precisavam ser compreendidas, como: a luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos? Quais coisas produzem luz? Quais coisas bloqueiam a luz? Como a imagem das letras desse papel chega até você? Essas questões foram colocadas muitas vezes ao longo da história da humanidade e suas respostas se perderam no tempo. Contudo, algumas delas chegaram até nós, como a dos gregos.

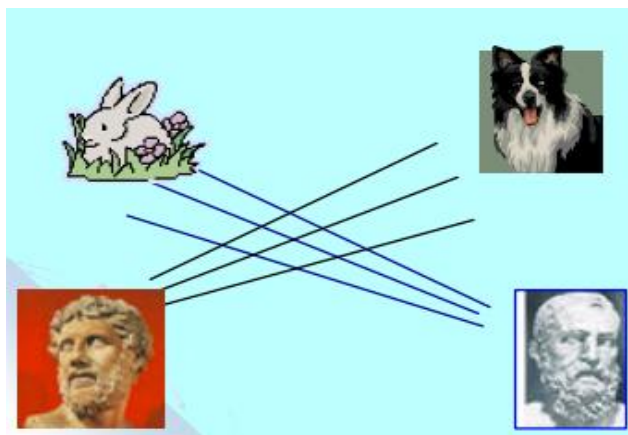
O filósofo Leucipo de Mileto viveu por volta de 500 a.C. Ele acreditava que os objetos emitiam pequenas partículas, como se fossem películas que se desprendiam da sua superfície, e que chegavam aos nossos olhos ocasionando a visão. Tais películas, denominadas eidola, emanavam (saíam) da superfície dos corpos levando informações sobre eles como a cor e a forma dos objetos. A luz para ele era essa emanção material transmitida dos objetos visíveis para o olho do observador, e a sensação visual seria causada pelo contato direto das eidola com o órgão dos sentidos.

Porém, existiam alguns pontos que a teoria da eidola não conseguia explicar: como as eidola passam umas pelas outras sem se chocarem? Como essas partículas emitidas por uma árvore cruzam com as partículas emitidas por outros objetos? Uma não interagem com as outras? Por que elas não se “grudam” formando uma imagem confusa? Um homem vê um coelho à sua frente porque as eidola estão saindo desse coelho e chegando até seus olhos, como isso não interfere na visão de um cachorro cujas as partículas estão indo para os olhos de outro homem e se cruzando no



Representação de eidola de Leucipo  
Fonte: Pietrocola (2010)

caminho? Ou seja, a luz passa “por dentro” da luz?

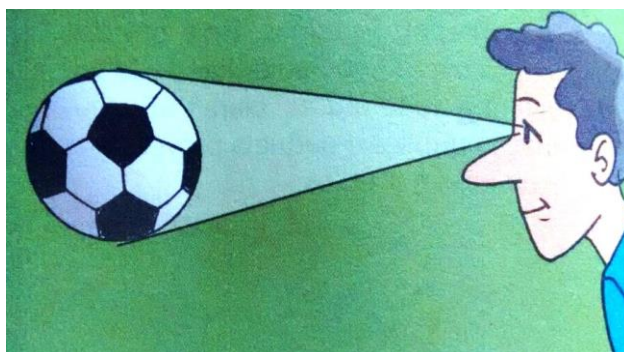


Fonte: [http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXTO\\_02.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos%20e%20mais/TEXTO_02.pdf)

O tamanho dos objetos era também um problema para a teoria da visão: como a imagem de um objeto muito grande encolhe suficientemente para caber nos olhos? Como as estátuas de uma montanha podem caber nos olhos? Por que os objetos distantes parecem menores? Algumas dessas dúvidas ocorreram a pensadores gregos, como Aristóteles, por exemplo.

Já que a teoria de Leucipo deixava tantas perguntas sem resposta, será que outra escola de pensamento não oferecia uma explicação melhor para o fenômeno visual? O filósofo grego Empédocles (493-430 a.C.) explicava o mundo, a luz e a visão de um modo bem diferente. Para Empédocles, a luz e a visão estavam relacionadas com o elemento fogo. Ele acreditava que um raio visual era emitido pelos olhos, uma espécie de fogo interno, que “tocava” os objetos e, ao retornar para a pupila, trazia informações sobre eles. Seria como se o ato de enxergar fosse igual ao ato de tatear, ou seja, os raios visuais interagem com as informações emanadas dos objetos, como se fossem tentáculos.

Os objetos também emitiam um tipo de fogo que carregava suas informações, como a cor e a forma. Portanto, o fenômeno da visão ocorria quando o fogo interno emitido pelos olhos entrava em contato com o fogo externo emanado dos objetos.



Raios visuais de Empédocles  
Fonte: Pietrocola (2010)

Entretanto, a teoria de Empédocles também não conseguia explicar algumas coisas. Alguns pensadores questionavam: se a visão dependia de um fogo emitido pelos olhos, por que não era possível enxergar em um lugar escuro? Que relação tinha a luz do dia com o fogo emitido pelos olhos? Se os objetos também emanavam



informações por meio de um tipo de fogo, por que essas informações não eram captadas pelo fogo visual se estivesse escuro?

Parece que a luz do ambiente é fundamental no fenômeno visual. Tanto a teoria de Leucipo, como a de Empédocles, não explicavam por que não podíamos enxergar no escuro. Será que o meio material entre o objeto e o olho tem alguma influência sobre a luz e sobre a visão? Só podemos enxergar se está claro, portanto, pode ser que algo entre os olhos e os objetos influencie no fenômeno visual.

Aristóteles (384-322 a.C.) enfatizou a importância do meio material na sua teoria da luz e da visão. Ele acreditava que a luz era uma qualidade dos corpos transparentes. Um meio transparente como o ar tinha a qualidade de permitir a visão do objeto. Porém era necessária a presença da luz do Sol ou de outras fontes luminosas para que se pudesse enxergar. Os objetos produziam uma espécie de alteração no meio transparente ao seu redor, e esse meio transmitia instantaneamente essa alteração para os olhos do observador.

Havia diferentes teorias para tentar explicar a luz e a visão nesse período. De modo geral, eram combinações das características: os homens enxergavam porque algo saía dos olhos, ou porque algo entrava nos olhos; havia ainda os que diziam que a luz não era algo material, mas uma modificação na matéria que havia entre o objeto e os olhos. Cada teoria estava associada à visão de mundo de uma escola de pensamento, ou seja, não era uma interpretação individual de cada filósofo, como se fosse uma opinião pessoal. Pelo contrário, os filósofos não constituíam unidades isoladas, eles eram representantes de escolas que estavam competindo entre si. Todos estavam pensando sobre os mesmos fenômenos ópticos, buscavam entendê-los utilizando raciocínios lógicos, porém, cada escola de pensamento fornecia uma explicação para a luz e a visão.

Parece que apenas observar o comportamento da natureza e pensar racionalmente sobre os fenômenos propiciou o surgimento de diferentes explicações. Entretanto, os filósofos elaboravam teorias que estavam relacionadas a essas observações, ou seja, não era apenas questão de opinião pessoal. A observação da natureza era um ato fundamental para tentar explicar os fenômenos naturais, mas, construir essas explicações não é um processo simples, nem óbvio. Olhar para alguns episódios da história da ciência nos faz perceber quão complexo é o processo da produção do conhecimento sobre a natureza e como o desenvolvimento da óptica geométrica foi uma construção histórica que se fez por meio de muitos debates e elaborações de modelos.

Texto retirado e adaptado de:

BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **Curso: O éter, a luz e a natureza da ciência**. Universidade de São Paulo - LaPEF. Disponível em: <[http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos\\_e\\_Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos\\_e\\_mais/TEXT0\\_02.pdf](http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos_e_Materiais/material-didatico-de-historia-e-filosofia-da-ciencia/textos_e_mais/TEXT0_02.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2016.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física 2**. São Paulo: Ática, 2014.

PIETROCOLA, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico**: Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, 2010.

Além das várias visões que tentam explicar como o homem enxerga um objeto a leitura trás para a sala de aula algumas provocações, o intuito é despertar a curiosidade dos alunos e fazer com que eles tentem criar modelos para responder os questionamentos do texto.

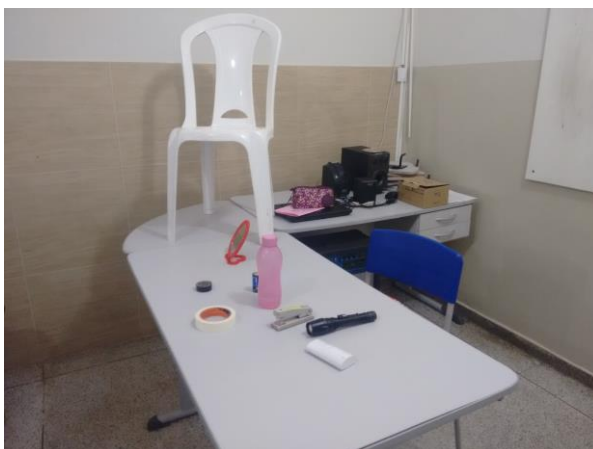
Sugestões de perguntas para fomentar o debate após a leitura:

- A luz vem dos objetos que vemos ou sai de nossos olhos para os mesmos?
- Quais coisas produzem luz?
- Quais coisas bloqueiam a luz?
- Como a imagem das letras desse papel chega até você?
- Qual é o papel da luz no processo de enxergar?

Finalizando o debate sobre texto a seguinte pergunta deve ser feita: o que é possível enxergar em uma sala totalmente escura? Essa pergunta introduz a próxima atividade que é intitulada “sala do nada”.

A atividade “Sala do nada” foi adaptada do trabalho de Gircoreano e Pacca (2001), os autores propõem a montagem de uma sala totalmente isolada da luz, para que os alunos vivenciem a situação de completa escuridão, pois segundo eles, há a concepção espontânea de que os objetos claros são observáveis mesmo na completa escuridão.

Para essa atividade deve ser escolhido uma sala que seja fácil o isolamento das entradas de luz, usando tecido ou papel cartão deve-se tampar todas as janelas e frestas para que seja possível que os alunos vivenciem a situação de completa escuridão em seguida deve se colocar em cima de um local onde todos possam enxergar objetos de várias formas e cores, como na imagem.



Objetos selecionados para a atividade sala do nada

Com os grupos já formados os alunos recebem a primeira atividade de ensino do experimento didático, a proposta compreende que os alunos debatam em grupo as perguntas, criem uma hipótese para depois executar a atividade e verificar se as conclusões do grupo estão ou não corretas

**Atividade de ensino 1 : “Sala do nada”**

**Nomes:** \_\_\_\_\_

Parte da Crônica da óptica geométrica

A luz sempre foi objeto de interesse por parte do Homem, desde que tomou consciência de que a noite era ausência da luz do Sol, assim como quando percebeu a existência de pontos brilhantes no céu escuro. Por outro lado então, logo que dominou o fogo, o Homem percebeu que havia uma relação entre a luz e o fogo, já que ambos aquecem e iluminam. No entanto, como a luz parecia um fenômeno muito misterioso, as primeiras civilizações atribuíam sua origem aos Deuses de sua adoração. Assim, para os antigos Egípcios, a luz é Maât, filha de Rá, o Deus Sol, conforme nos fala Jean Rosmorduc em De Tales a Einstein. Já para os antigos Hebreus, foi DEUS quem a fez, como se pode ver no livro do Gênesis. Contudo, é com os antigos Gregos que a luz passa a ter uma realidade objetiva, ao perceberem que algo deveria existir no espaço compreendido entre os nossos olhos e os objetos que vemos.

Fragmento retirado de: BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.

**Para compreender como enxergamos precisamos fazer alguns questionamentos: Qual seria a importância da luz na visualização dos objetos? Seria possível que em uma sala totalmente escura, possamos visualizar um objeto de cor clara? Para que um objeto seja observado qual seria o caminho a ser percorrido pela luz?**

Pensando nas perguntas acima responda:

Antes de se apagar a luz

1) Com total ausência de luz, quais dos objetos colocados em cima da mesa seriam possíveis de serem visualizados por vocês? Explique porque vocês veriam esses objetos.

Depois que as luzes se apagaram

2) Quais objetos conseguiram visualizar? Explique as suas conclusões.

3) Qual é a importância da luz para a visualização dos objetos?

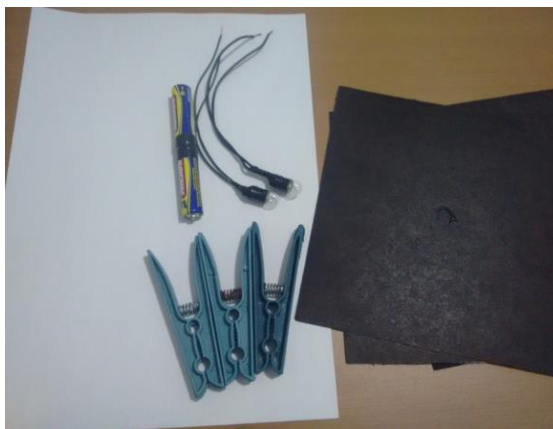
Após a realização da atividade os alunos devem novamente debater em grupo, reformular suas conclusões e apresentá-las a turma ao final da aula.

### 3° e 4° aula

Nessa aula deverá se desenvolver a segunda atividade de ensino, intitulada “Luz e sombras”. Essa atividade foi adaptada do roteiro de atividades de Catunda (2003), e teve por objetivo fazer com que os alunos compreendessem que em um meio homogêneo a luz não faz curvas, para isso foi desenvolvido um roteiro que auxiliaria os alunos nos debates e formulações de modelos para explicar cada fenômeno proposto na tarefa.

A atividade de ensino Luz e sombras é um roteiro baseado em atividades experimentais, no qual os alunos deveriam fazer formulações mentais sobre alguns acontecimentos e depois executar um experimento para verificar se as formulações estavam corretas ou se precisariam de adaptações. Para isso deve ser disponibilizado aos alunos os seguintes materiais:

- 3 cartões com um furo circular no meio de 1 cm de diâmetro;
- 2 lâmpadas de lanterna de 3 Volts com os fios já conectados;
- 8 prendedores de roupa;
- 2 pilhas de 1,5 volts cada;
- 1 folha branca para servir de anteparo



Materiais utilizados na atividade Luz e sombras.

O objetivo da atividade Luz e sombras é fazer com que os alunos concluam que a luz se propaga em linha reta (princípio da propagação retilínea da luz). Por esse motivo foram propostos várias montagens de experimento para que ao final o conceito de propagação retilínea da luz ficasse claro para os alunos.

### Atividade de ensino 2 : “Luz e Sombras”

**Nomes:** \_\_\_\_\_

*Antes de iniciar cada experimento, debata com os seus colegas e faça uma previsão do que irá acontecer, anote essa previsão na folha e depois realize a experimentação, mesmo que a previsão do grupo esteja inconsistente com o experimento, não apague, compare sua previsão com o resultado do experimento e escreva uma nova conclusão.*

#### Roteiro: Luz e sombras

**Material:** três máscaras de papel cartão preto (18 cm x18 cm) com furo circular de 1,5 cm de diâmetro, duas fontes pequenas de luz, 1 anteparo 20cm x 30 cm, prendedores de roupa e régua .

**I) Material: uma lâmpada pequena, a máscara de papel com furo circular, régua e anteparo.**

a) Mantendo uma distância de 10 cm entre o anteparo e a máscara e de 20 cm entre a lâmpada e a máscara com buraco circular, preveja o que acontecerá na tela quando a lâmpada for acesa. Explique com suas palavras e com um esboço.

Previsão:

b) Agora, realizem o experimento. A previsão está de acordo com o experimento? Justifique por escrito confrontado as suas previsões com os resultados do experimento.

**II) Material: duas lâmpadas pequenas, a máscara de papel com furo circular, régua e anteparo.**

a) Mantendo uma distância de 10 cm entre o anteparo e a máscara e de 20 cm entre as lâmpadas e a máscara com buraco circular, preveja o que acontecerá na tela quando as duas lâmpadas forem acesas. Explique com suas palavras e com um esboço.

Previsão:

b) Agora, realizem o experimento. O resultado está de acordo com as previsões? Justifique por escrito confrontado as suas previsões com os resultados do experimento.

c) Se em vez de duas lâmpadas acendêssemos três, o que aconteceria com a sombra projetada no anteparo? Porque vocês acham que isso acontece?

**III) Coloque os três cartões em fila, de forma que os orifícios fiquem perfeitamente alinhados, posicione o anteparo a uns 20 cm do último cartão.**

Antes de ligar a lâmpada

a) Quando vocês ligarem a lâmpada o que será visualizado no anteparo?

Com a lâmpada acesa

b) O que vocês podem observar no anteparo? Explique suas conclusões.

Ainda com a mesma montagem, porem com a lâmpada desligada, mexa em uma das máscaras circulares de forma que um dos furos não fique alinhado com os outros dois.

Com a lâmpada desligada preveja

a) O que vocês poderão ver no anteparo quando a luz for acesa? Justifique suas respostas.

Com a lâmpada acesa

b) O que acontece com o raio luminoso que era visualizado na demonstração anterior? Porque isso aconteceu?

c) Façam um esboço dos raios de luz que saem da fonte de luz e que vão até o cartão, de forma que esse esboço represente o que ocorreu na ultima experiência que vocês realizaram.

d) Com a fonte de luz acesa, coloque a mão na frente da fonte de luz, vocês perceberão a formação de uma sombra no anteparo, porque isso acontece?

e) De acordo com os experimentos realizados na aula de hoje, formule uma hipótese para a propagação da luz que explique a formação das sombras e a passagem da luz pelas mascarás com orifício.

Para finalizar a unidade didática 1, sugere-se que seja feito um debate entre os grupos, no qual cada um deve expor suas conclusões e relatar de forma breve o que aprendeu até o momento.

## Unidade didática 2

Objetivo: compreender como é formada a imagem em uma câmara escura.

Duração: 3 aulas de 45 minutos.

### 5° e 6° aula

Para mostrar aos alunos a origem histórica do conceito que eles irão aprender a explicar os primeiros quinze minutos do episódio quatro - Escondido na luz - da série Cosmos: uma odisséia no espaço-tempo<sup>13</sup>. O vídeo aborda como surgiu a primeira câmara escura e como esse conhecimento foi investigado na época, destacando os principais nomes e a importância de se compreender a propagação da luz.



Escondido na luz - Cosmos: uma odisséia no espaço-tempo

Disponível em: <https://www.xn-documentariosonline5rb.blog.br/2014/04/cosmos-episodio-04-escondido-na-luz.html>

Em seguida ao vídeo, desenvolver a terceira atividade de ensino intitulada “Câmara Escura”. Para desenvolver a atividade de ensino os alunos devem receber ou confeccionar uma câmara escura, que pode ser vista na imagem e uma folha com a atividade de ensino dessa aula.

---

<sup>13</sup> A série Cosmos: uma odisséia no espaço-tempo é um documentário científico americano, continuação da série cosmos que foi exibida nos anos 80 e apresentada por Carl Sagan. Atualmente a série é dirigida Seth MacFarlane e Ann Druyan, viúva de Sagan e estrelada pelo físico Neil deGrasse Tyson e foi ao ar no ano de 2014.



Câmara escura de orifício

**DICA**

Para montagem da câmara escura acesse:



<http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=camaraescura86158>

As perguntas da atividade de ensino têm por objetivo fazer os alunos refletirem sobre o porquê das imagens se formarem de forma invertida no anteparo da câmara escura. Eles precisam elaborar explicações para esse fenômeno assim como dar sugestões para que a imagem se forme com maior nitidez dentro da câmera.

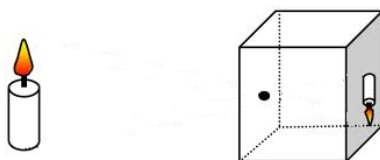
**Atividade de ensino 3: “Câmara escura”**

**Nomes:** \_\_\_\_\_

Vocês receberam um dispositivo chamado câmara escura, por ele há um orifício e uma tela branca feita com papel vegetal a qual chamaremos de anteparo. Acenda a vela e coloque-a de frente para o orifício, com cuidado manipule a parte de dentro da câmara até que consigam ver a imagem da chama da vela.

*Converse com o seu grupo e responda os questionamentos abaixo.*

- Vocês perceberam a formação de uma imagem no anteparo da câmara escura, descreva as características dessa imagem e se possível desenhe a imagem da vela que foi observada pelo grupo.
- Como vocês explicariam o fato da imagem da vela ter se formado de ponta cabeça?
- O que acontece com a imagem formada no anteparo quando vocês aproximam a câmara escura da vela? Debatam com o grupo e tentem explicar porque isso acontece.
- Observe a imagem a baixo. Como vocês imaginam que devam ser os raios de luz provenientes da vela para que a imagem se forme na câmara escura? Faça um esboço no desenho abaixo.



- Nas aulas anteriores trabalhamos com os princípios da óptica geométrica, qual(is) dos princípios podem ser usados para explicar a formação da imagem na câmara escura?
- As imagens visualizadas por vocês foram nítidas? O que vocês fariam para aumentar a nitidez da imagem formada no anteparo?
- Se aumentarmos o orifício da câmara escura, o que acham que irá acontecer com a imagem formada no anteparo?

## 7º aula

A quarta atividade de ensino da sequência de atividades elaborada, intitulada “Eclipses” consiste em fazer com que os alunos apliquem o conceito de propagação retilínea da luz para explicar a ocorrência dos eclipses e da formação de imagem invertidas em câmaras escuras de orifício. A proposta foi elaborada para ser desenvolvida em grupo e ao final sugere-se uma conversa na qual cada grupo terá a oportunidade de apresentar suas conclusões.

### Atividade de ensino 4: “Eclipses”

**Nomes:** \_\_\_\_\_

Lembrando dos conceitos de propagação retilínea da luz e de câmara escura resolva os problemas abaixo.

*Eclipses são fenômenos astronômicos relativamente raros, de difícil observação. Ao longo da história, os eclipses foram associados a eventos terrenos e serviram, por vezes, como instrumentos para averiguação de teorias, presságios ou mesmo para a opressão de nações inteiras ou para a dominação cultural de outras.*

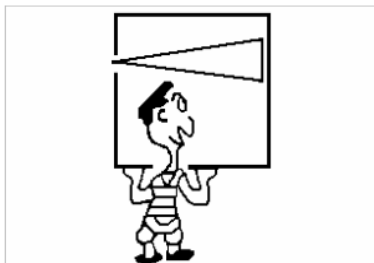
*Uma antiga lenda chinesa diz que durante um eclipse solar, um dragão devora o Sol, regurgitando-o algum tempo depois. Entre os egípcios antigos, a explicação não era muito diferente: a Serpente Apófis, — a líder dos demônios e inimiga mortal do deus-sol, Rá —, de tempos em tempos colocava-se desafiadora à sua frente, impedindo sua luz de chegar à terra.*

*Em quase todas as culturas conhecidas existem lendas e mitos relacionados aos eclipses, assim como muitos relatos de origem duvidosa.*

Fonte: [http://www.asterdomus.com.br/Artigo\\_os\\_eclipses.htm](http://www.asterdomus.com.br/Artigo_os_eclipses.htm)

Com base nos conteúdos trabalhados responda as questões.

- a) Diferente de tempos atrás atualmente já se tem explicações científicas sobre os eclipses, discuta com o seu grupo a ocorrência de eclipses solares e lunares e em seguida escreva abaixo porque acontecem os eclipses.
  - b) Faça um esquema (desenho) representado um eclipse Lunar e um eclipse solar, indique o caminho percorrido pelos raios luminosos para que esses eclipses possam acontecer e a posição de cada um dos astros, nomeando-os.
2. (Unaerp - adaptada) Uma brincadeira proposta em um programa científico de um canal de televisão, consiste em obter uma caixa de papelão grande, abrir um buraco em uma de suas faces, que permita colocar a cabeça no seu interior, e um furo na face oposta à qual o observador olha. Dessa forma ele enxerga imagens externas projetadas na sua frente, através do furo à suas costas.



Debata com o seu grupo sobre esse fenômeno e digam qual princípio se baseia a formação da imagem nesse dispositivo. Que tipo de imagem vocês observarão?

4. A câmara escura é um dispositivo que permite a formação de imagens por meio de um pequeno orifício que permite a passagem da luz. Conversem entre si e procurem se lembrar de outros objetos ou sistemas que se assemelham a uma câmara escura e os liste abaixo.
5. O motorista de um carro olha no espelho retrovisor interno e vê o passageiro do banco traseiro. Se o passageiro olhar para o mesmo espelho verá o motorista. Como vocês explicam esse fato?



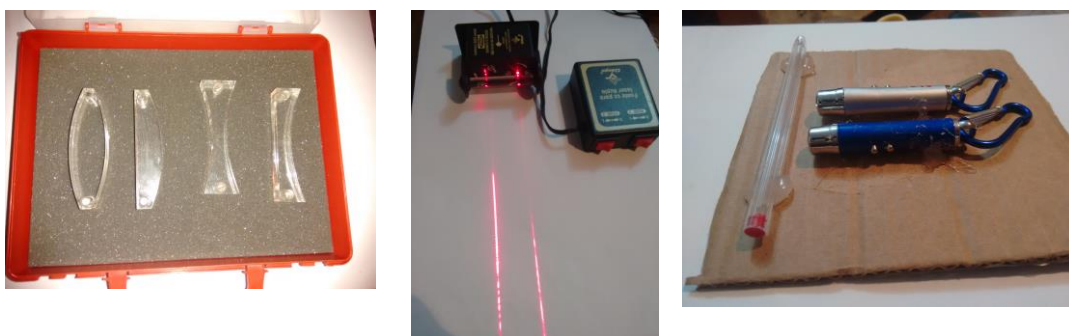
### Unidade didática 3

Objetivo: entender a função de uma lente e diferenciar lente convergente de lente divergente.

Duração: 2 aulas de 45 minutos.

#### 8° e 9° aula

Para realizar a atividade intitulada “Lentes” os alunos inicialmente devem receber um conjunto de quatro lentes de formatos diferentes e uma ponteira laser conforme imagem. Manuseando o kit recebido os alunos deveriam responder os questionamentos da atividade como, agrupar as lentes por características visuais, submeter às lentes a luz advinda da ponteira laser e analisar o que aconteciam com os feixes e por fim classificar as lentes em convergentes e divergentes. As atividades desenvolvidas nessa atividade foram adaptadas de Roberto (2009).



Conjunto de lentes e lasers

A imagem mostra uma opção de laser caseiro, caso a escola não possua laser com ponteira dupla. Além dos itens mostrados anteriormente os alunos também irão receber posteriormente uma câmara escura com lente, como a mostrada na imagem. Para confecção dessa câmara escura, sugere-se que seja reaproveitado a câmara confeccionada na unidade didática anterior, basta abrir um orifício maior, com cerca de 4 cm de diâmetro e acoplar no orifício uma lupa com diâmetro de 45 mm.



Câmara escura com lente

### Atividade de ensino 5: “Lentes”

Nomes: \_\_\_\_\_

Podemos dizer que umas das grandes heranças que a Física deixou para a humanidade foi o estudo das lentes e com isso a possibilidade de fabricação dos óculos, câmeras, projetores entre outros artefatos. Já imaginaram quantas pessoas teria dificuldades de realizar suas atividades cotidianas por ter baixa ou quase nenhuma visão? Pensando na importância das lentes para os seres humanos, vamos estudar esses dispositivos para entender suas características e compreender como as lentes podem auxiliar na correção de problemas de visão e proporcionar uma maior qualidade de vida para nós, seres humanos.

Cada grupo irá receber um conjunto com quatro lentes, laser e uma câmara escura com lente. Após conferir seu conjunto, leia as questões abaixo, debata com seu grupo e depois responda as perguntas.

1) Vocês receberam quatro lentes, é possível notar alguma característica em comum entre essas lentes? Se Sim, diga quais lentes tem características em comum e descreva essas características.

2) Usando as lentes 1 e 2, observe as letras escritas em uma folha de papel e descrevam o que aconteceu? Vocês têm alguma hipótese para explicar isso?

3) Usando uma lente de cada vez, acenda as duas lâmpadas do laser e incida essa luz sobre a lente, debatam sobre o que vocês observaram e anotem o que acontece com os raios de luz.

Lente 1
Lente 2
Lente 3
Lente 4

4) Na atividade três foi possível observar alguma característica em comum entre as lentes? Se sim, agrupe as lentes com características comuns e escrevam quais são essas características.

5) As lentes que vocês agruparam na atividade 4, coincidem com o agrupamento que fizeram na atividade 1? Se não coincidiram, formule uma hipótese para explicar o equívoco.

6) As lentes são classificadas em convergentes e divergentes. Debata com o seu grupo e utilizando a tabela da atividade 3, classifique as quatro lentes que o grupo recebeu.

7) Vocês notaram alguma diferença entre a câmara escura que receberam no encontro passado com essa que estão manipulando agora? Se sim, qual é a diferença?

8) A imagem nessa câmara escura é formada com a mesma nitidez que a câmara escura da aula anterior? O que mudou?

9) Meçam na parte móvel da câmara escura, aproximem essa parte do orifício e depois afastassem. Descrevam o que aconteceu com a imagem quando vocês movimentaram o anteparo da câmara escura e

tentem criar uma hipótese para explicar esse fenômeno.

10) Na opinião do grupo, o que esse dispositivo faz para que a imagem seja mais nítida? Qual dispositivo vocês acham que foi usado para melhorar a nitidez da imagem?

11) Pensem na prática que realizaram sobre lentes e a classificação que fizeram no item 6, e tentem explicar porque a imagem formada na câmara escura é mais nítida quando o anteparo está em uma determinada posição.

12) Na aula anterior, conversamos sobre o orifício da câmara escura (que era bem pequeno), ao aumentar o orifício a imagem ficava mais borrada. Vocês perceberam que nessa montagem a câmara escura de orifício tem uma entrada de luz bem maior, porque nesse caso a imagem é formada com nitidez?

13) Debatam entre si, e digam com qual(is) lente(s) a lente utilizada na câmara escura se assemelha.

14) Converse com seu grupo sobre as mais variadas utilizações das lentes, descreva algumas dessas utilizações que foram citadas durante o debate.

## Unidade didática 4

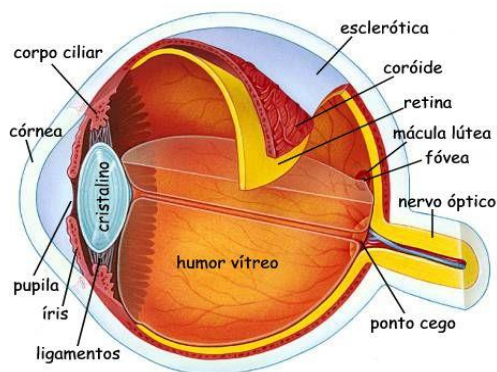
Objetivo: compreender como acontece a formação da imagem no globo ocular.

Duração: 2 aulas de 45 minutos.

### 10° e 11° aula.

Para a finalização do conteúdo luz e imagem elaborou-se a atividade de ensino seis, intitulada “Olho humano”, nessa atividade os alunos precisam explicar a formação da imagem no olho humano usando os conceitos apresentados nas unidades didáticas anteriores.

Para o início da aula deve ser apresentado aos alunos à imagem de um olho humano, nesse momento com o auxílio de slides ou desenhos no quadro a professora mostra alguns nomes e definições que serão necessários para o desenvolvimento da atividade. Foram conceituados: córnea, íris, pupila, cristalino e retina.



•**Córnea:** é a membrana transparente que está na parte da frente do olho, onde vemos o branco do olho e a íris.

•**Íris:** é o círculo que determina a cor de cada olho.

•**Pupila:** é a abertura central da íris, por onde a luz entra, e seu diâmetro varia conforme a intensidade da luz que recebe.

•**Cristalino:** é uma estrutura com formato de uma lente, que focaliza toda a luz que entra no olho, formando as imagens na retina.

**Retina:** Local onde a imagem é formada, composta por células sensíveis, que transformam a energia luminosa em sinais nervosos, que são enviados ao cérebro, através do

Fonte: <http://www.anatomiadocorpo.com/visao/olho-humano-globo-ocular/>

**nervo óptico**  
Imagem usada para nomear partes do olho

Em seguida com o auxílio de uma imagem de olho humano impressa e um laser óptico, que podem ser visto na imagem abaixo, os alunos realizarão as atividades propostas.

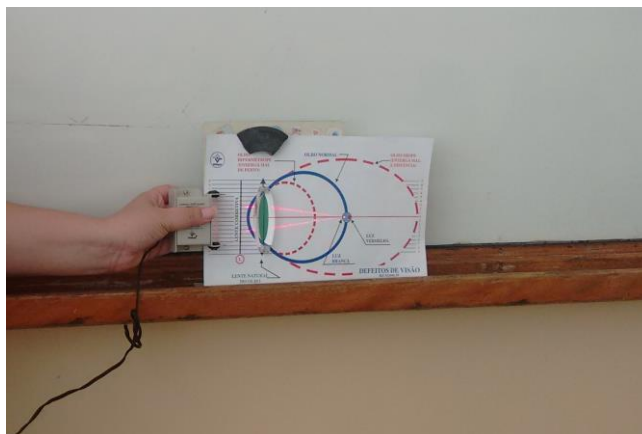


Imagem de olho humano e laser utilizado na atividade Olho humano.

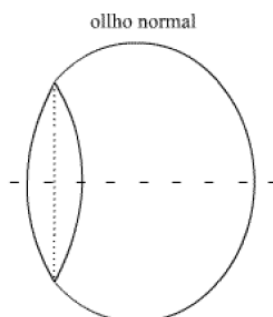
### Atividade de ensino 6: “olho humano”

**Nomes:** \_\_\_\_\_

#### Roteiro: olho humano

Na lousa óptica vamos representar algumas situações sobre o olho humano, em cada questão vocês devem conversar entre si e colocar as apreensões gerais do grupo antes e depois de realizado a demonstração, caso as conclusões estejam em desacordo com o que foi exposto NÃO apague, escreva as novas conclusões pontuando o porque a anterior estava errada.

1. Abaixo você tem uma figura de um olho normal, represente em qual lugar os raios de luz devem incidir para que enxerguemos uma imagem nítida.



2. Seu professor passará feixes de luz pela lente mostrando onde os raios devem incidir, se o desenho do grupo não estiver de acordo, resolva a inconsistência .
3. Analisando os raios de luz que foram demonstrados pelo professor e sabendo que essa é a representação esquemática do que acontece dentro de nosso olho, converse com o seu grupo e classifique o cristalino de nosso olho em lente convergente ou divergente, explicando porque.
4. Qual é a relação de nosso olho, com a câmara escura estudada na aula anterior?
5. Se recorrermos à literatura, certamente encontraremos interpretações bem distintas para o processo da visão, tida como uma janela que permite a entrada ou a saída de algo. A interpretação predominante é aquela que, mesmo de maneira sutil, admite a existência de

“emanações” que partem dos olhos e atingem o objeto mirado e capturam sua forma, cor, tamanho e demais detalhes. Em frases como “Ela o fulminou com o olhar”, ou “ Seu olhar penetra nas profundezas da minha alma”, ou ainda “ a luz dos seus olhos me ilumina”, podemos perceber uma ideia semelhante aos raios visuais.

(PIETROCOLA, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico:**Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, p. 388, 2010.)

Comente a frase “a luz dos seus olhos me ilumina” relacionando com os conceitos que foram estudados por nós até esse momento.

6. Para sintetizar o que aprendemos até o momento, converse com o seu grupo e explique como é possível que vocês enxerguem o que está escrito nessa folha? Tentem descrever todo processo que ocorre na visão, pontuando o caminho percorrido pelos raios luminosos até que atinjam a retina de nosso olho. (tentem detalhar o máximo possível esse processo).

Após a conclusão da atividade de ensino seis, pode ser feita uma brincadeira com os alunos “faça o que eu falo, mas, não faça o que eu faço”, eles devem ouvir o que a professora fala e fazer os gestos, porém os gestos que a professora deve fazer nem sempre são os mesmos que serão falados, espera-se que e os alunos sigam os gestos feitos e não os pronunciados. A brincadeira além de descontrair o grupo também tem o objetivo de mostrar o quanto o ser humano é visual.

Logo em seguida, os alunos irão assistir ao episódio “5 sentidos” da série viagem fantástica<sup>14</sup>.



Cinco sentidos - Série Viagem fantástica

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RjvsqhYYSkE&t=359s>

Posteriormente os alunos devem apresentar suas conclusões sobre a atividade 6, falando sobre a importância da visão e sobre como entendem esse processo após a execução de todas as atividades.

<sup>14</sup> Série exibida no ano de 2012 pela TV Globo, no qual o médico e escritor Dráuzio Varella narra o que acontece com os cinco sentidos humanos após o nascimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essas atividades foram desenvolvidas em uma turma da 2<sup>o</sup> série do ensino médio, e as principais contribuições foram:

- Os alunos se tornaram mais ativos no processo de ensino-aprendizagem;
- Conseguiram elaborar modelos para explicar alguns fenômenos;
- Há indícios de que os motivos para aprender o conteúdo foram despertados;
- Os alunos conseguiram demonstrar compreensão dos conceitos de propagação retilínea, propriedades gerais de lentes e caminho percorrido pela luz para enxergar um objeto.

No decorrer de toda a aplicação da sequência de atividades a postura dos alunos foi mudando, eles não participavam das atividades propostas por nota ou por obrigação, pois estavam cientes que a participação era facultativa e que as tarefas executadas por eles não fariam parte da nota do bimestre, pois já estavam no final do ano e todas as atividades avaliativas já haviam sido aplicadas. Foi empolgante ver como os alunos se propuseram a participar das atividades e como ao final da sequência eles cresceram conceitualmente e chegaram a conclusões que não eram esperadas pela pesquisadora.

Espera-se que as análises aqui apresentadas contribuam para renovação das práticas pedagógicas no ensino de Física, inspirando professores a buscarem a teoria do ensino desenvolvimental como alternativa para promover um ensino mais contextualizado, que leve em consideração dos motivos dos alunos e que promova o pensamento teórico.

### Para saber mais leia:

BRIGNONI, Caroline Prado. **A FORMAÇÃO DE IMAGENS NO OLHO HUMANO: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO-FORMATIVO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL DE DAVYDOV**. 2018. 191 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação Para Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2018.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, Orlando Fernández. O experimento didático-formativo: contribuições para a pesquisa em didática desenvolvimental. In: Encontro nacional de didática e prática de ensino, 17., 2014, Fortaleza. **Ebook**. Fortaleza, Ce: Eduece, 2015. p. 4645 - 4657. Disponível em: <<http://uece.br/endipe2014/index.php/2015-02-26-14-08-55>>. Acesso em: 08 out. 2017.
- BARROS, Marcelo Alves; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Ciência & Educação**, São Paulo, v. 5, n. 1, p.83-94, 1998.
- BASSALO, José Maria Filardo. A crônica da ótica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p.138-159, dez. 1986.
- BORGES, Lucas Bernardes. **ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE DAVYDOV**. 2016. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2016.
- BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnologia, Ministério da Educação. Brasília, 2000.
- CATUNDA, Tomaz. Instrumentação para o Ensino: Prática:- Luz e Sombra, Método de Paralaxe e Traçado de Raios. In: XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2003, Curitiba, Paraná. **Atas XV SNEF**. Curitiba, 2003. p. 1 - 4.
- CHASSOT, Ático. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, p.89-100, mar. 2003
- DAVYDOV, Vasily. Vasilovich. **Problemas do Ensino Desenvolvimental** - a experiência da pesquisa teórica e experimental na psicologia. Textos publicados na Revista *Soviet Education*, August/VOL XXX, Nº 8, sob o título “Problems of Developmental Teaching. The Experience of Thbeoretical and Experimental Psycholggical Research – Excerpts”, de V.V. Davydov. **EDUCAÇÃO SOVIÉTICA**. Tradução de José Carlos Libâneo e Raquel A. M. da Madeira Freitas (1988).
- FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **Curso: O éter, a luz e a natureza da ciência**. Universidade de São Paulo - LaPEF.
- FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p.403-418, abr./jun. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-97022012000200009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022012000200009)>. Acesso em: 13 set. 2015.
- FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.403-418, 8 dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-97022011005000011>.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. O ENSINO DA ÓPTICA NA PERSPECTIVA DE COMPREENDER A LUZ E A VISÃO. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 1, p.26-40, abr. 2001.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. Física 2. São Paulo: Ática, 2014.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. A elaboração de planos de ensino conforme a teoria do ensino desenvolvimental. Texto digitado 2009.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto Valdés (Org.). **Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. 2. ed. Uberlândia: Edufu, 2015. Cap. 10. p. 327-362.

LIBÂNEO, José Carlos; FREITAS, Raquel A. Marra da Madeira. Vygotsky, Leontiev, Davydov – três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática. In: congresso brasileiro de historia da educação, 4. **Anais CBHE**. Goiânia, 2006. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe4/individuais-coautorais/eixo03/Jose Carlos Libaneo e Raquel A. M. da M. Freitas - Texto.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2015

MIRANDA, Made Júnior et al. O ensino desenvolvimental e a aprendizagem esportiva – voleibol. In: VII Congresso goiano de ciências do esporte, 7, 2011, Anápolis. **Anais do IV Seminário Nacional Corpo e Cultura**. Anápolis, 2011.

PIETROCOLA, Mauricio Pinto de Oliveira et al. **Física em Contextos: pessoal, social e histórico**:Energia, calor, imagem e som. São Paulo: Ftd, 2010.

ROBERTO, Edson Valentim. **Aprendizagem ativa em óptica geométrica: experimentos e demonstrações investigativas**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.