

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA

LICENCIATURA EM FÍSICA

JULIANA THALER

**EXPERIMENTANDO E DESCOBRINDO: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA OFICINA
PARA DESPERTAR ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO PARA AS DIMENSÕES DA ÓPTICA
COMO DISCIPLINA E CAMPO DE PESQUISA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2017

JULIANA THALER

**EXPERIMENTANDO E DESCOBRINDO: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA OFICINA
PARA DESPERTAR ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO PARA AS DIMENSÕES DA ÓPTICA
COMO DISCIPLINA E CAMPO DE PESQUISA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado.

Profa. Responsável pela disciplina: Profa. Dra. Noemi Sutil

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite

Co-orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: EXPERIMENTANDO E DESCOBRINDO: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA OFICINA PARA DESPERTAR ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO PARA AS DIMENSÕES DA ÓPTICA COMO DISCIPLINA E CAMPO DE PESQUISA

Autor: Juliana Thaler

Orientador: Professor Dr. Álvaro Emílio Leite

Coorientador: Professor Dr. Valmir de Oliveira

Este trabalho foi apresentado às 13h30min, do dia 29 /06 /2017, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho aprovado.

Comissão examinadora:

(Presidente/Orientador) Professor Dr. Álvaro Emílio Leite

(Coorientador) Professor Dr. Valmir de Oliveira

Professor Dr. Alisson Antonio Martins
Avaliador 1

Professora Dr.^a Marcia Muller
Avaliador 2

Professor Responsável pelas Atividades de
Trabalho de Conclusão de Curso/
Curso de Licenciatura em Física
(DAFIS/UTFPR)

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Licenciatura em Física.

AGRADECIMENTOS

Após quatro longos anos tenho muito a agradecer. Primeiro aos meus pais, Raimundo Thaler e Sirlei A.P. Thaler, por me ensinarem a ter responsabilidade e honrar meus compromissos. Ao tio Estavão e a Dô por me acolherem como uma filha no início dessa aventura, minha irmã incrível e MARAVILHOSA Daniela Thaler, por me distrair nos dias ruins e a minha melhor amiga Élide L. Rodrigues assim como seus pais Edile Fracaro e Edinan Rodrigues por todo o apoio que me deram em muitos momentos difíceis. Aos colegas de curso que de maneira direta ou indireta contribuíram para eu ter chegado até aqui: Joelson Paes, Carlos, Ana, Elberth, Munhoz, Olaf, Jeny, Wellington, Lucas, Rafael, Joseph, Nadas, Thaís, Nathan, Daiane, Norberto e também ao Bernardo Klopff pelo “conserto de sumário”.

Não posso deixar de mencionar meus mestres mentores Álvaro Emílio Leite e Valmir de Oliveira, pela orientação e paciência com minha imaginação fértil e horários conturbados. Ao professor Ricardo Canute que foi quem primeiro me acolheu como aluna de iniciação científica. Ao professor Durval Martins Teixeira Filho que junto com meus orientadores foi também meu mentor, ao Rodrigo Ricetti por apoiar o desenvolvimento dos projetos, ao professor Alisson Antonio Martins pela paciência em ouvir minhas dúvidas infinitas sobre metodologia e contribuição significativa quanto a mudança de perfil conceitual que tive em relação à pesquisa em ensino. Também a todos os professores que ministraram aulas para minha turma nesses quatro anos: Marlos R., Kalinke, Sandro, Márcia M., Awdrey M., Paula A., Marcos F., Luiz Claudio, Joinha, Flávia D., Marta, Marielda P., Adilson B., Adames, Rita Z. V., Roland, Mário S. F., Roy, Bruno, Marcus V., Diógenes B., João A. P., Nestor S., Oseias, Silvia, Rita, Fabris, Hypólito, Noemi, Luciana H. e Lenz. Enfim, toda minha formação acadêmica é fruto de um pedacinho de cada um de vocês, muito obrigada!

Agradeço especialmente Leonardo Santana, Larissa Costa e Raquel Corotti pela participação nas atividades, a professora e diretora Ednamar Silva e a professora Gabriele Hishida por me auxiliarem e apoiarem, muito obrigada!

Es gefällt mir, die Zeichen und Wunder zu verkünden, die Gott der Höchste an mir getan hat. Denn seine Zeichen sind groß, und seine Wunder sind mächtig, und sein Reich ist ein ewiges Reich, und seine Herrschaft währet für und für. Daniel 4;2-3

“Pareceu-me bem fazer conhecidos os sinais e maravilhas que Deus, o Altíssimo tem feito para comigo. Quão grandes são os seus sinais, e quão grandes as suas maravilhas! O seu reino é sempiterno, e o seu domínio de geração em geração.” Daniel 4;2-3

Das Sein ist ewig; denn Gesetze Bewahren die lebend'gen Schätze, Aus welchen sich das All geschmückt. (Goethe)

“O ser é eterno; pois existem leis para conservar os tesouros da vida, às quais o Universo recorre para tirar a beleza.”

RESUMO

THALER, Juliana. EXPERIMENTANDO E DESCOBRINDO: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA OFICINA PARA DESPERTAR ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO PARA AS DIMENSÕES DA ÓPTICA COMO DISCIPLINA E CAMPO DE PESQUISA. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho aborda o planejamento, aplicação e análise de uma proposta de oficina para o ensino de óptica geométrica e óptica física. Essa oficina foi realizada com alunos de uma turma de segundo ano do Ensino Médio de um colégio público da região central de Curitiba. Tomando como referência instrumentos e artefatos tecnológicos, o objetivo foi despertar o interesse dos alunos para a pesquisa científica e ao mesmo tempo conduzi-los na prática da identificação dos conteúdos do campo da óptica abordados em sala que estão presentes em seus cotidianos. Dentre as atividades da oficina, foram analisados artigos científicos, softwares, aplicativos online de simulação e realizados experimentos para cada assunto tratado, com vistas a percorrer as três esferas do saber da teoria de Transposição Didática de Chevallard. Para cada tema selecionado foi realizado um encontro, planejado a partir dos Três Momentos Pedagógicos propostos por Delizoicov, Angoti e Pernambuco (2002). Os encontros foram realizados contando com o auxílio material e pessoal do capítulo de estudantes da OSA (*The Optical Society*), que é referência no campo da óptica e fotônica. A oficina proporcionou aos alunos a oportunidade de entrar em contato com conjuntos experimentais de Física e também a oportunidade de interagir com pesquisadores e professores da graduação e pós-graduação da UTFPR. Os resultados indicam que após as oficinas os alunos conseguiram identificar os fenômenos físicos presentes em um artigo científico sobre sensoriamento com fibras ópticas, sendo esse procedimento realizado tomando como referência as cinco regras da Transposição Didática propostas por Astolfi (1997). Mais que isso, a organização a partir dos Três Momentos Pedagógicos se mostrou uma estratégia eficiente para que os alunos conseguissem identificar a aplicação dos fenômenos físicos estudados em sala nos objetos e instrumentos do dia-a-dia. Percebeu-se durante as oficinas que os participantes da pesquisa se mostraram mais dispostos ao estudo da disciplina apresentando maior engajamento no reconhecimento e identificação dos conteúdos da Física que os cercam, não só no campo da óptica, mas também no de outros conteúdos que fazem parte do universo vivencial deles. Essa mudança de atitude foi mantida mesmo após serem encerrados os encontros através de mensagens.

Palavras-chave: óptica; ensino de física; transposição didática; três momentos pedagógicos

ABSTRACT

THALER, Juliana. EXPERIMENTANDO E DESCOBRINDO: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA OFICINA PARA DESPERTAR ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO PARA AS DIMENSÕES DA ÓPTICA COMO DISCIPLINA E CAMPO DE PESQUISA. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017.

This work deals with the planning, application and analysis of a workshop proposal for the teaching of geometric optics and physical optics. This workshop carried out with students from a second year high school class from a public school in the central region of Curitiba. Taking as a reference instruments and technological artifacts, the objective was to arouse students' interest in scientific research and at the same time, the practice of identifying the contents of the field of optics addressed in the room and are present in their daily life. Among the activities of the workshop, scientific articles, software, online simulation applications and experimented experiments were analyzed for each subject treated, with a view on how to go through three spheres of the saber of the theory of Didactic Transposition of Chevallard. For each selected theme was found, planned from Three Pedagogical Moments proposed by Delizoicov, Angoti and Pernambuco (2002). The meetings were held with the material and personal assistance of the students chapter of the OSA (The Optical Society), which is a reference not in the field of optics and photonics. The workshop provided students with the opportunity to get in touch with experimental sets of physics and also the opportunity to interact with UTFPR undergraduate and graduate researchers and professors. The results indicate that after the students' workshops they were able to identify the physical phenomena in a scientific article about fiber optic sensing, which is under way as reference as five rules of Didactic Transposition proposed by Astolfi (1997). More than this, an organization from Three Pedagogical Moments was an efficient strategy so that the students could identify an application of the physical phenomena studied in the room in the objects and instruments of the day to day. It was noticed during how workshops that are competitors of the research show themselves more disposed to the study of the discipline presenting greater engagement without recognition and identification of the contents of the Physics. That is surround, not only not field of the optics, but also it is not what is more part of the content of their experiential universe. This change in attitude was maintained even after the meetings were closed by messages.

Keywords: Optics; Physics teaching; Didactic Transposition; Three Pedagogical Moments

LISTA DE SIGLAS

GEPEF - Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Física

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PCN+ - Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

LABLASER – Laboratório de Laser

FOTON – Laboratório de Dispositivos Fotônicos

SEED – Secretaria de Estado da Educação

SUMÁRIO

1. REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.1 Pedagogia de Projetos e Trabalho por Projetos	15
1.2 Transposição Didática	17
1.2.1 Esferas do Saber	18
1.2.1.1 A esfera do Saber Sábio	18
1.2.1.2 A esfera do Saber a Ensinar	18
1.2.1.3 A esfera do Saber a ser Ensinado	19
1.2.2 A Noosfera.....	19
1.2.3 Regras da Transposição Didática.....	21
1.2.3.1. Modernizar o saber escolar	21
1.2.3.2. Atualizar o saber a ensinar.....	22
1.2.3.3. Articular o saber “novo” com o “antigo”.....	22
1.2.3.4. Transformar um saber em exercícios e problemas.....	22
1.2.3.5. Tornar um conceito mais compreensível.....	23
1.2.4 A Transposição Didática em artigos direcionados ao Ensino de Física	23
1.2.5 A Transposição Didática no contexto das oficinas.....	24
1.3 Os Três Momentos Pedagógicos.....	24
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1 Óptica voltada para divulgação de pesquisas	28
2.2 Óptica voltada para o Ensino Médio.....	28
2.3 Óptica voltada para o Ensino Superior.....	28
2.4 Aplicação/contextualização de conteúdo.....	28
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
3.1 Caracterização dos participantes da pesquisa e da escola	30
3.2 O planejamento das oficinas.....	32
3.2.1 Oficina 1	34
3.2.2 Oficina 2	35
3.2.3 Oficina 3	37
3.2.4 Oficina 4.....	38

3.2.5 Oficina 5	39
4. RESULTADOS E ANÁLISES DOS DADOS	40
4.1 Resultados e discussões à luz dos Três Momentos Pedagógicos	42
4.1.1 O primeiro momento – análise das respostas do questionário inicial	43
4.1.1.1 Oficinas 1 e 2	43
4.1.1.2 Oficina 3	45
4.1.1.3 Oficina 4	45
4.1.2 O segundo momento – desenvolvimento experimental.....	46
4.1.2.1 Oficinas 1 e 2	47
4.1.2.2 Oficina 3	48
4.1.2.3 Oficina 4	48
4.1.3 O terceiro momento – as relações entre os fenômenos e suas aplicações	49
4.1.3.1 Oficinas 1e 2	49
4.1.3.2 Oficina 3	51
4.1.3.3 Oficina 4	52
4.2 Resultados e discussões da oficina 5.....	53
4.3 Resultados e discussões à luz da Transposição Didática	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	60
ANEXOS.....	63
APÊNDICES.....	70

INTRODUÇÃO

Minha formação nos últimos quatro anos foi muito rica, não só no aspecto acadêmico, mas também pessoal e social. Não tinha a perspectiva de me tornar professora, porque desde a infância tenho uma paixão pelo estudo de palavras e fenômenos, porém não tinha prazer nenhum em passar o que tinha “descoberto” e aprendido adiante. Foi no decorrer do curso que desenvolvi a consciência do papel social do professor e percebi que ao compartilhar conhecimentos com outras pessoas se agregam valores não só acadêmico, social e moral, mas também pessoal. Hoje uma das minhas maiores alegrias é ouvir “Ahhhh! Não acredito que consegui entender o significado!”, ou “Como Física é legal, vou pesquisar mais sobre esse assunto”. O que para alguns parece simples, para mim tem um significado único e especial.

Uma oportunidade ímpar no curso de Física é ser recebido em um grupo de pesquisa logo no início do curso e foi o que aconteceu comigo. Trabalhei com o professor Dr. Ricardo Canute em conjunto com a prof^a Dr. Márcia Muller e o prof^o Dr. J. L. Fabris. Fui muito bem recebida no grupo, pois como estava no primeiro período tinha pouco a contribuir com conhecimento físico, mas tiveram paciência para me ensinar os procedimentos, os conceitos básicos dos processos de pesquisa e foi atribuída a mim uma função significativa que exigia responsabilidade. Isso fez com que eu me sentisse útil e auxiliou na compreensão da importância da pesquisa e do meu papel naquele grupo. Através desse trabalho cheguei ao Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Dispositivos Fotonicos, que faz parte do mesmo grupo e fui acolhida no ano seguinte como aluna do prof. Dr. Valmir. Foi mais um ano de aprendizado e um dos mais difíceis por conta de fatores externos ao ambiente acadêmico, mas também o que me impulsionou para vencer os desafios do curso. Os trabalhos desenvolvidos até então foram apresentados em eventos de divulgação e eu criei uma afeição especial pela Óptica, assim como pela pesquisa na área.

Nos últimos dois anos de graduação estive envolvida com a pesquisa na área de ensino, mais especificamente com livros didáticos. A maior influência para essa curiosidade em relação à pesquisa em ensino surgiu nas aulas ministradas pelos professores doutores Alisson e Álvaro. Nesta oportunidade ingressei no Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Física (GEPEF) como aluna de iniciação científica, orientada pelo professor Dr. Álvaro.

Assim como no primeiro grupo, fui mais uma vez acolhida com muito carinho e paciência. A pesquisa em ensino é distinta da pesquisa em laboratório e por isso precisei me adaptar mais uma vez aos novos procedimentos. Essa fase foi difícil, porque sou muito curiosa e nem sempre conseguia sanar minhas dúvidas com facilidade. Nesse tempo eu continuei realizando algumas atividades voluntárias no laboratório de física e a trabalhar com os dois grupos. Considero que essa tenha sido uma experiência muito rica para minha formação. Entretanto, surgiram muitas indagações sobre a realidade e as teorias, tanto no campo de pesquisa em ensino quanto na pesquisa em física, porque em muitos momentos eu enxergava a formação que eu vinha tendo muito distinta da qual tive no ensino médio. Isso me incomodou por meses.

A partir das experiências que tive nas disciplinas durante o curso e principalmente nas discussões com colegas que já estavam trabalhando em diferentes colégios tanto da rede pública quanto da privada, percebi que pouco se abordava sobre o conteúdo de óptica. Quando isso acontecia era no sentido de mostrar as aplicações tradicionais sem a atualização e menção desses conceitos nos dispositivos atuais. Para compreender um pouco melhor porque isso acontecia, li a LDB (número 9394 de 1996), os PCNEM e PCN+.

Em busca de explicações para a realidade na qual eu estava inserida, através dos documentos pude observar que os conteúdos de óptica estão incorporados nos documentos oficiais. Assim, quando incorporados ao planejamento do professor e colocados em prática proporcionariam uma formação bastante sólida. O único impasse que pude verificar foi o fato de não estar explícito que os conteúdos abordados dentro dos eixos temáticos estão componentes da óptica, pois a óptica está incorporada aos temas geradores 3 (som, imagem e informação), 4 (equipamentos elétricos e telecomunicações) e 5 (matéria e radiação) dos PCN+. Dentro desse mesmo contexto, pude perceber que era comum entre os colegas e professores dos colégios que tive contato não destinar um espaço de tempo significativo no decorrer do ano letivo para abordar os conteúdos de óptica. Quanto à questão de conteúdo nos documentos, um professor formado em Física pode facilmente identificar o eixo da óptica, mas não é a realidade de todas as escolas. De acordo com a Secretaria de Estado da Educação (SEED), cerca de 18% dos professores que atuam no ensino médio, em Curitiba e

região, tem formação em outra área, ou seja, nesses casos não se tem garantia de que a distinção será feita.

No último ano da graduação, ministrando durante o Estágio 3 a disciplina de Física 5 que aborda o conteúdo de óptica no ensino técnico, foi possível verificar a dificuldade que os alunos tinham para identificar os fenômenos estudados com o cotidiano. Essas dúvidas e questões, em sua maioria, eram sanadas após a aula experimental que caracterizava um ambiente mais descontraído e os alunos tinham acesso ao material para fazer modificações nas configurações. Assim verificavam as propostas teóricas e ainda visualizavam o fenômeno. Ao trabalhar com uma turma do mesmo nível de ensino, porém em uma instituição de mesma natureza sem recursos laboratoriais e didáticos sofisticados, fiquei inquietada em saber se os alunos poderiam ter a mesma dificuldade de relacionar teoria e prática como a turma da instituição anterior.

Da construção do projeto até perceber a necessidade de sua aplicação, passou um tempo e uma das motivações foi pensar o mesmo que Moreira citou em uma conferência realizada em julho de 2013, em Guayaquil, Equador: “A Física na Educação Básica está em crise” (MOREIRA, 2013). Com argumentos embasados na Teoria da Aprendizagem Significativa, Moreira enumera os pontos críticos do Ensino de Física na escola básica que tornam a disciplina desatualizada e, conseqüentemente, desinteressante para os alunos. Dentre os fatores destacados pelo autor está a afirmação de que a física escolar ainda está centrada no docente, seu ensino é comportamentalista, focado no treinamento para as provas e é apresentada aos alunos como uma ciência acabada.

Na tentativa de buscar um caminho diferente do constatado por Moreira, pensei em desenvolver um projeto utilizando como referenciais a Transposição Didática e os Três Momentos Pedagógicos. Tanto a teoria da Transposição Didática quanto a abordagem dos Três Momentos pedagógicos tem respaldo pelos documentos oficiais, especificamente os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, parte III, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2000), que ao mesmo tempo em que reconhecem que o modelo de escola atual precisa superar a visão enciclopédica do currículo onde “pré-requisitos fechados proíbem o aprendizado de aspectos modernos antes de se completar o aprendizado clássico” (p. 49),

também incentiva os professores a desenvolver nos alunos atitudes e valores através de discussões, leituras, observações, experimentações e projetos.

Assim, o objetivo principal desse trabalho foi mostrar aos alunos que a Física não está restrita à sala de aula, à pura memorização de fórmulas e à apresentação de conceitos estanques e que não se relacionam com o mundo que os cerca. Ao contrário disso, buscou-se fazer com que os alunos percebessem que a Física está presente em artefatos tecnológicos e em fenômenos naturais que podem ser observados diariamente. E mais ainda, mostrar que eles podem e devem estar cientes do que vem sendo produzido no campo científico, pois isso também os auxiliará na construção de relações com os conteúdos abordados em sala.

Quanto à construção deste trabalho, no primeiro capítulo o leitor encontrará uma breve discussão sobre as teorias que nortearam a construção e desenvolvimento do projeto, assim como um pouco de seu histórico e contexto.

O segundo capítulo aponta os conteúdos de óptica que mais apareceram em uma revisão de literatura sobre o tema, sendo a busca realizada em sete revistas brasileiras da área de pesquisa e ensino de Física: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação, Ciência e Ensino, Ensino e Pesquisa em Educação e Ciências, Investigação em Ensino de Ciências e Física na Escola. Foi adotado como referência para data de início da revisão o ano da promulgação da lei de Diretrizes e Bases da Educação, número 9394 de 20 de dezembro de 1996 e 2017 o ano de conclusão da pesquisa.

O terceiro capítulo aborda os procedimentos metodológicos, sendo parte deste a descrição do contexto, sujeitos e período da pesquisa. Também descreve os métodos de elaboração, construção e aplicação de cada um dos encontros da oficina, a qual foi dividida em cinco partes.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões de cada encontro tomando como referência os indicadores das teorias utilizadas como norteadoras. Neste capítulo também aparecem as mudanças que precisaram ser realizadas e suas implicações.

Com uma série de situações interessantes e importantes não só no ensino de óptica, mas no ensino de forma geral, as linhas que seguem têm também a intenção de proporcionar uma noção de como foi estar em sala de aula com essa turma de alunos. Espero que este trabalho sirva para mostrar ao leitor formas diferentes de abordar um conteúdo. Não só no ramo da óptica, mas em outros ramos da física também. Tenha uma boa leitura.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os referenciais teóricos que auxiliaram a análise dos resultados e justificaram a escolha da abordagem metodológica utilizada no desenvolvimento das atividades de campo. Para explicar o percurso realizado na didatização dos conteúdos provenientes dos laboratórios de pesquisa, de modo a torná-los utilizáveis no ambiente escolar, será utilizada a teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard (1997). Para argumentar sobre a estratégia metodológica que norteou a organização das oficinas, serão utilizados aspectos da Pedagogia de Projetos e Trabalho por Projetos, a partir da concepção de Dewey e Kilpatrick (1918) e Hernandez (1998). Ainda na perspectiva das oficinas, os Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, Angoti e Pernambuco (2002) foram norteadores para aplicação e análise das atividades realizadas dentro dos encontros.

Os tópicos que seguem caracterizam e descrevem essas referências com intuito de dar fundamento e respaldo teórico aos capítulos seguintes.

1.1 Pedagogia de Projetos e Trabalho por Projetos

A pedagogia de projetos foi discutida em primeira instância por John Dewey e seu discípulo William Heard Kilpatrick. Americanos, nascidos no fim do século XIX e atuantes no cenário da educação durante a primeira metade do século XX, estes autores compartilhavam a ideia de que uma comunidade democrática é capaz de formar pessoas que desenvolvam valores e ideias que busquem maiores possibilidades e alternativas sociais. Complementando, pessoas participativas dentro das discussões cívicas, que desenvolvam ações colaborativas em nome de uma mudança estrutural que busque de alguma forma melhorias no âmbito da justiça social (UNESCO, 1997). Esses autores, também frisavam o encorajamento do aluno no experimento de seu meio para construção do senso de curiosidade, o que chamaram de aventura intelectual (LEVINE, 2007).

O método de projeto na concepção de Kilpatrick tem base na unificação do interesse dos alunos com uma ação direta no mundo, sendo esse o que denomina “ato saudável” de maneira a mostrar um exemplo de que educação e vida, saber e fazer, são dados de forma contínua (UNESCO, 1997).

Urban, Maia e Scheibel (2009) abordam a distinção da Pedagogia de Projetos e Projetos de Trabalho, pois como mencionado por Pinheiro (2015) a falta de conhecimento desses elementos acarreta no uso indevido e até mesmo inadequado dos termos.

Hernandes (1998) afirma que os trabalhos por projetos direcionam a formação de sujeitos ativos, reflexivos, atuantes e participantes através da atribuição de novos significados aos espaços de aprendizagem. O dimensionamento do currículo através desta proposta traduz uma ruptura com a fragmentação de conteúdo, logo, com o modelo fragmentado de educação (PINHEIRO, 2015). O autor menciona ainda que a capacidade de ir além da informação dada (conteúdo) significa compreender e isso proporciona o poder de reconhecer distintas versões de um fato além de explicar e propor hipóteses acerca das consequências na pluralidade de percepções (HERNANDES, 1998).

No Brasil, a Pedagogia de Projetos surgiu como oposição ao método da escola tradicional no movimento denominado “Escola Nova” e seus precursores foram Anísio Teixeira e Lourenço Filho (PINHEIRO, 2015).

Em entrevista para Nova Escola, Hernandez indica que a Pedagogia de Projetos tinha como referência o modelo fordista, ou seja, as crianças eram preparadas para o trabalho e não se preocupavam com a realidade cotidiana inserida na escola. Já os Projetos de Trabalho tentam aproximar através de uma pesquisa atual o aluno e a escola. O autor frisa em sua obra que o processo de organização do Trabalho por Projetos vincula-se a um processo interno e pouco externo em que o conteúdo e a área de conhecimento buscam mais do que meramente sanar questões de aprendizagem (SILVA; TAVARES, 2010).

Espíndola (2005) em sua dissertação menciona que além desta metodologia colocar o aluno no foco do processo ensino-aprendizagem, dá ao professor a função de articulador e não mais transmissor, o que se torna um desafio.

Para auxiliar na compreensão, Abrantes (1995) coloca cinco características principais do Trabalho por Projetos, são elas:

- 1) o projeto é uma atividade intencional;
- 2) em um projeto a responsabilidade e autonomia dos alunos é essencial;
- 3) a autenticidade é fundamental;
- 4) envolve complexidade e resolução de problemas;

5) percorre várias fases.

Tendo essas características em vista, trabalhar com projetos significa ir para uma dimensão em que se altera a metodologia e vincula o papel do professor e dos alunos a novas atribuições, responsabilidades e atividades distintas das exigidas no ambiente de uma escola tradicional. Assim, entende-se que uma abordagem que carrega aspectos do trabalho por projetos surge como uma alternativa para a mudança necessária no processo de ensino, obviamente ainda com desafios para serem vencidos muito próximo daqueles apontados por Dewey em 1918.

1.2 Transposição Didática

A concepção da transposição didática surgiu no século XX com a necessidade de olhar para as questões sociais que permeiam o ambiente escolar, sendo essa voltada mais especificamente para análise do sistema didático (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Os responsáveis pela construção e desenvolvimento preliminar desse tema, hoje bastante estudado pelo impacto que influi no contexto educacional, foram Michel Verret e Yves Chevallard. Ambos franceses, sendo o segundo nascido em Marseille no ano de 1946, pesquisador, com formação em Matemática pela Université d'Aix-Marseille II (UNSAM¹, 2017), foi quem deu continuidade ao desenvolvimento da concepção originada pelo primeiro. Sua obra mais importante para o contexto da perspectiva deste trabalho é "La Transposition Didactique" que teve a primeira edição francesa publicada em 1985, sendo, a partir das críticas, atualizada em edições posteriores. No Brasil, a tradução em 1997 para o espanhol da segunda edição do livro "La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado", foi o auge para disseminação do conteúdo aplicado aos contextos nacionais.

Conforme indicado no trabalho de Neves e Barros (2011), devido às muitas influências que os pesquisadores brasileiros têm de diferentes vertentes educacionais, as análises e interpretações da proposta de Chevallard são bastante diversificadas. Nas próximas páginas, será apresentada a concepção e interpretação realizada por Guilherme Brockington e Maurício Pietrocola (2005) para falar sobre aspectos dessa teoria.

¹ UNSAM – Universidad Nacional de San Martín – disponível em <http://www.unsam.edu.ar/>

1.2.1 Esferas do Saber

De acordo com Chevallard (1997), as esferas do saber, em linhas gerais, correspondem a constructos que permitem delimitar as instâncias responsáveis pela produção de conhecimento, desde a fase científica até chegar aos alunos em sala de aula. São divididas em três: Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado.

1.2.1.1 A esfera do Saber Sábio

Denomina-se saber sábio o conhecimento produzido por uma comunidade científica composta por pesquisadores com diferentes concepções da ciência, cujo perfil epistemológico é bem definido. Nessa perspectiva, o conhecimento produzido na esfera do Saber Sábio se manifesta nas publicações de periódicos e revistas científicas escrita para o público que faz parte dessa comunidade, sendo sua produção intrinsecamente ligada ao meio de pesquisa. (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

Conhecendo a rota dos próximos capítulos, no contexto deste trabalho, delimitar-se-á como protagonista da esfera do Saber Sábio o cientista. No conjunto de suas responsabilidades, está a de gerar conhecimento, fazer descobertas e refutar ou confirmar hipóteses (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

1.2.1.2 A esfera do Saber a Ensinar

Quando o conhecimento sai da esfera do Saber Sábio, ele passa por ajustes e modificações em sua composição, porque deverá suprir outras exigências. Diferente do Saber Sábio, nessa esfera a comunidade não é bem definida e limitada, pois há diferentes grupos que participam do processo, como por exemplo, autores de livros didáticos e de textos de divulgação científica, professores, especialistas de áreas específicas e indivíduos ligados aos interesses governamentais (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

Para fazer “a passagem” da primeira à segunda esfera, os protagonistas precisam possuir os pré-requisitos para compreender o trabalho do cientista e mais que isso, conhecer quem será o seu público para saber qual a linguagem que deverá utilizar. Caso os atores da esfera do Saber a Ensinar não prestem atenção a esses pequenos detalhes, existe uma grande possibilidade de a

transposição didática ser confundida, ou ser substituída, por uma mera simplificação. Esta por sua vez, muitas vezes desvirtua o conceito comprometendo seu significado e interpretação. Bem ou mal feito o trabalho desses personagens deve chegar aos alunos e esse processo acontece na terceira esfera.

1.2.1.3 A esfera do Saber a ser Ensinado

Essa esfera diz respeito à forma com que o professor vai desenvolver o conteúdo em sala de aula, que não necessariamente é interpretado ou está disposto de maneira igual a dos livros didáticos e programas.

Cabe ao professor essa delicada tarefa. Delicada, porque como mencionado, se ao invés de transposição haver simplificação, quem deverá identificar esse “detalhe” antes de passar o equívoco adiante é o professor. Por quê? Justamente, devido ao fato dessa interpretação do conceito científico ter sido teoricamente já realizada quando passou da primeira para a segunda esfera. Outra atribuição do professor diz respeito a levar esse conhecimento ao aluno na sala de aula sem os devidos recursos. O cientista tem um laboratório equipado e um método, denominado científico que consiste em seguir protocolos de desenvolvimento e testes para produção científica e isso é o que rege seu trabalho. O professor até pode possuir métodos, porém, cada tipo de conhecimento demanda diferentes abordagens, assim como cada turma possui peculiaridades, as quais devem ser percebidas e consideradas pelo mestre.

Conforme há desenvolvimento do percurso da transposição e manifestam-se os fatores sociológicos nesse íterim, mais importante se torna o papel do professor, assim como se multiplicam suas funções e responsabilidades.

1.2.2 A Noosfera

Transpor e tomar conhecimento dessas esferas é importante e muitas pessoas estão envolvidas no processo. Muitas das atribuições são tão subjetivas ou complexas que dificultam a distribuição de responsabilidade para cada um dos atuantes.

Começando pelo saber sábio os cientistas e pesquisadores têm um papel fundamental no que diz respeito à produção de conhecimento, seja ele por si próprio ou com finalidade de

aplicação prática. Depois deles, os responsáveis em fazer a transposição para a esfera do saber ensinar são os editores, autores de livros didáticos e de divulgação científica, dentre outros. Já na esfera do saber a ser ensinado está o professor, porém sua participação no processo de transposição não fica restrito as responsabilidades desta esfera. Isso porque é aconselhável que o professor tenha domínio dos processos envolvidos nas três esferas, pois assim pode dar suporte e complementação de conteúdo aos alunos quando necessário.

Além dessas pessoas, cujos papéis parecem estar claros durante o percurso que o saber produzido pelos cientistas realiza até chegar à sala de aula, existem outras personagens que fazem parte desse processo, tais como os pais dos alunos, a comunidade escolar e a sociedade em sua totalidade. Esses personagens integram a noosfera, que por sua vez, engloba as três esferas apresentadas previamente, conforme pode ser observado na Figura 1.

Existem elementos da cultura escolar e mesmo da cultura de cada comunidade, cuja atribuição dentro do sistema de ensino é imprescindível. Por exemplo, em uma comunidade indígena, a análise, interpretação e transposição no âmbito das esferas do saber podem ser completamente distintas que em uma colônia italiana do sul do país. Esses elementos precisam ser levados em conta quando o objetivo é utilizar a transposição didática no contexto de construção e caracterização de uma proposta de ensino.

É na noosfera, que ocorre a seleção de conteúdos que serão repassados às gerações (o que mais adiante será tratado como saber “antigo”). Ela engloba o âmbito das três esferas e ainda soma outros elementos que as permeiam (conforme Figura 1).

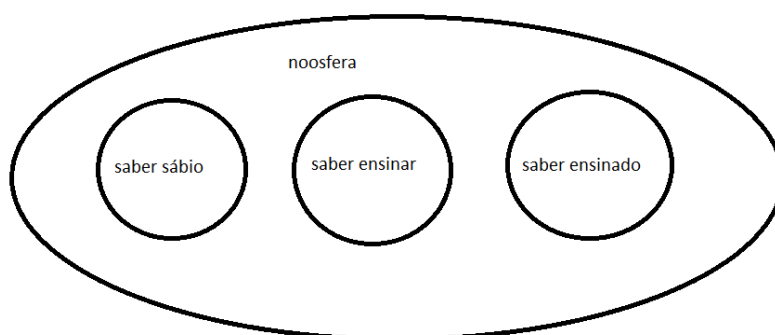


Figura 1: abrangência da noosfera

Fonte: Chevallard (1997)

Se tomarmos a influência direta do meio em nossa educação (MOREIRA,1999), a noosfera passa a ter uma posição ainda mais importante. Cada sujeito escolar possui uma atribuição na formação dos alunos e também no trabalho de seus colegas.

É nesta instância que se encontram os sujeitos escolares e todos os outros membros do meio social no qual o aluno está imerso. Assim, ela se faz de suma importância dentro dessa perspectiva. A discussão relacionada a noosfera é bastante complexa e por conta disso se tornou objeto de estudo de vários pesquisadores.

No âmbito da proposta deste trabalho, elementos da noosfera e influências destes personagens de contexto foram referência para seleção dos objetos de problematização das oficinas de ensino.

1.2.3 Regras da Transposição Didática

Para Astolfi (1997), a fim de que os saberes sobrevivam no meio escolar e continuem sendo aplicados em sala de aula, eles precisam ser consensuais, ter alta operacionalidade e capacidade de avaliação. Para que isso aconteça, o autor desenvolveu o que denominou de “regras da transposição didática”. Essas são:

- 1) modernizar o saber escolar;
- 2) atualizar o saber a ensinar;
- 3) articular o saber “novo” com o “antigo”;
- 4) transformar um saber em exercícios e problemas; e
- 5) tornar um conhecimento mais compreensível.

De acordo com o autor, obedecendo a essas regras os resultados serão direcionados para cumprir as exigências propostas acerca da sobrevivência dos saberes escolares. As características específicas de cada regra estão dispostas adiante.

1.2.3.1. Modernizar o saber escolar

Segundo Brockington e Pietrocola (2005), essa primeira regra está diretamente vinculada ao currículo, pois é necessário que este contemple os novos saberes e tecnologias desenvolvidos no âmbito do Saber Sábio.

Há inúmeros indícios de que muitos conteúdos que *a priori* são estritamente científicos podem ser levados à sala de aula, através de um processo de transposição adequado.

1.2.3.2. Atualizar o saber a ensinar

A atualização do saber está na segunda esfera, pois diz respeito à constituição e revisão dos materiais didáticos e de divulgação. Nesse momento é necessário pensar não só em termos de acréscimo de novos saberes e conceitos (como mencionado na modernização), mas também subtrair os que apesar de corretos não possuem influência significativa para o entendimento dos conteúdos (BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2005).

1.2.3.3. Articular o saber “novo” com o “antigo”

Como é de conhecimento de todos aqueles que fazem um curso de licenciatura, é intrínseca ao sistema de ensino a sua complexidade. Os elementos que o compõem, mais especificamente o currículo, possuem influências de várias esferas, dentre elas a da chamada cultura escolar. Levando isso em consideração, faz-se necessário pensar em articular o saber novo (que provém da atualização mencionada nos tópicos anteriores) e o saber antigo (que é integrado por ser pré-requisito numa perspectiva de importância epistemológica ou cultural).

Os saberes antigos podem ser bases para construção conceitual e desenvolvimento dos novos. Saber como trabalhar com esses saberes de forma harmônica e eficiente faz parte dessa regra.

1.2.3.4. Transformar um saber em exercícios e problemas

Todo conceito tem por trás um elemento gerador ou “comprovador”, ou seja, atrelado a ele existe um experimento (real ou mental), uma equação da qual é possível ser deduzido e, além disso, existe uma motivação (seja ela diretamente “aplicável” ou somente para conhecimento). Nessa etapa esse elemento poderá nortear para que os conceitos e conteúdos sejam colocados dentro do contexto dos exercícios e problemas.

Deve ser considerado aqui que o mais simples dos exercícios deverá exigir um raciocínio que possa ser vinculado ao conceito e permita que haja com isso um desenvolvimento

cognitivo no processo. Todo exercício e problema proposto além de estar atrelado ao saber, precisa ter um objetivo claro e bem definido.

1.2.3.5. Tornar um conceito mais compreensível

Eis aqui o ponto chave que muitas vezes é realizado de maneira inadequada. Tornar o conceito mais compreensível não implica em meramente fazer uma simplificação, mas sim ensinar ao aluno um conceito que a princípio é complexo, precisou ser transposto, mas agora a partir das etapas pelas quais passou, pode ser assimilado através de determinados artifícios. Esses deverão ser pensados e aplicados pelo professor de acordo com cada situação.

1.2.4 A Transposição Didática em artigos direcionados ao Ensino de Física

Para avaliar os trabalhos que abordam como tema a Transposição Didática no contexto do Ensino de Física, foram selecionadas sete revistas brasileiras da área de pesquisa em ensino de Física: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação, Ciência e Ensino, Ensino e Pesquisa em Educação e Ciências, Investigação em Ensino de Ciências e Física na Escola. O ano da promulgação da nova lei de Diretrizes e Bases da Educação, número 9394 de 20 de dezembro de 1996, foi adotado como referência para data de início da revisão e 2017 o ano de conclusão.

Em cada periódico foi analisado volume por volume e número a número, utilizando como palavra-chave “transposição didática”. O resultado das pesquisas apresentou a teoria de transposição didática explicitamente no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), na Investigação em Ensino de Ciências e na Ciência e Ensino. Foram encontrados oito artigos sobre o tema, o que é um número baixo tendo em vista a importância do conteúdo. Três trabalhos se destacam por contemplar e representar em completude as concepções e resultados que englobam o que foi discutido nos oito trabalhos encontrados.

Morrone Jr. e Trevisan (2009) utilizaram a teoria como técnica de coleta e análise de dados para uma dissertação cujo tema central era astronomia. Os autores fizeram uma análise de livros didáticos e periódicos, indicando assim, indícios de alfabetização nesses materiais, atribuindo essa perspectiva ao nível de conhecimento dos equívocos conceituais e de conteúdo.

Pinho Alves (2000) aborda modelos de laboratórios didáticos, sendo seus preceitos baseados nas indicações da transposição didática que foi utilizada como ferramenta de análise. A partir disso constituiu uma proposta para abordagens experimentais características como os laboratórios divergente, tradicional, biblioteca, entre outros.

Krapas (2011) abordou em sua pesquisa como se dava a transposição didática da luz como onda eletromagnética nos livros didáticos. O autor constatou em sua análise distanciamento entre saber sábio e saber ensinado, mas indicou possibilidades para construção dos saberes através da intersecção dessas esferas.

A partir destes trabalhos foram verificados o uso e aplicação dos conceitos atrelados a Transposição Didática de forma tal que, mesmo com distintas interpretações e formas de aplicação, a teoria se mostrou de suma importância dentro do ensino não só de Física, mas de outras áreas também.

1.2.5 A Transposição Didática no contexto das oficinas

Quando se percebe a necessidade de promover qualquer tipo de alteração no sistema em que está inserido, o professor deve ter bem definidos seus objetivos para traçar caminhos até lá. Assim, dentro da proposta deste trabalho a Transposição Didática se encaixa como mecanismo de atingir os conteúdos chave, pensando no meio em que estão inseridos os alunos. Dessa maneira, buscou-se promover um pequeno impulso para que se interessem por elementos do programa de conteúdos e se interessem com as leituras que envolvem esferas distintas da do saber ensinado, a partir das propostas realizadas aqui.

1.3 Os Três Momentos Pedagógicos

A experiência relacionada à formação de professores na região de Guiné-Bissau forneceu subsídios a Demétrio Delizoicov e José André Angotti elaborar a metodologia conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP) (DELIZOICOV, 1982). Essa metodologia, enraizada nos pressupostos epistemológicos construtivistas e orientada em um modelo pedagógico relacional (BECKER, 1992), tem como um de seus alicerces a iniciativa de considerar os conhecimentos

que os alunos já possuem sobre determinado tema ou situação problema, para, a partir deles, iniciar o processo de construção do conhecimento.

De acordo com Muenchen e Delizoicov (2014,p. 620), os 3MP resultam do processo iniciado por Delizoicov (1982) ao fazer a “transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço da educação formal”, a escola. Mizukami (1986, p. 85) enquadra a metodologia de Paulo Freire no que chama de abordagem sociocultural. Nela a relação professor-aluno deve ser horizontal (p. 99), significando que tanto os alunos aprendem com a experiência do professor quanto o professor aprende com as experiências dos alunos. O papel do professor está em estimular os alunos por meio de diálogos e questionamentos de modo a fazê-los expor o que sabem sobre o tema em questão. A postura questionadora do professor, que ocorre durante todo o processo, faz com que os alunos sintam a necessidade de reelaborar suas teorias baseadas em um novo conhecimento, o científico.

Muenchen e Delizoicov (2014) apresentam de forma sintética as características de cada um dos momentos pedagógicos. O primeiro momento seria o da problematização inicial, no qual:

apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. (p. 620)

É na problematização inicial que o aluno deve perceber a fragilidade de suas concepções prévias (quando estas ainda não estão de acordo com o conhecimento científico) e sentir a necessidade de conhecimentos que ainda não possuem.

O segundo momento pedagógico se refere à organização do conhecimento. Nele, “sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados” (MUENCHEN e DELIZOICOV, 2014, p. 620). Em outras palavras, é nesse momento que os conceitos científicos são apresentados aos alunos.

Por fim, o terceiro momento pedagógico refere-se à aplicação do conhecimento. É o momento destinado a:

[...] abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (MUENCHEN E DELIZOICOV, 2014, p. 620).

É no terceiro momento pedagógico que o aluno consegue explicar cientificamente os fenômenos que antes eram explicados de forma ingênua e muitas vezes incorreta. É também nesse momento que o professor consegue observar a evolução que os alunos tiveram durante todo o processo.

As oficinas aqui apresentadas guardam em seu desenvolvimento características que estão muito próximas dos três momentos pedagógicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Foram selecionadas sete revistas brasileiras da área de pesquisa em ensino de Física e ensino de ciências: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação, Ciência e Ensino, Ensino e Pesquisa em Educação e Ciências, Investigação em Ensino de Ciências e Física na Escola. O ano da promulgação da nova lei de Diretrizes e Bases da Educação, número 9394 de 20 de dezembro de 1996, foi adotado como referência para data de início da revisão e 2017 o ano de conclusão.

Com intuito de delimitar os conteúdos de óptica que seriam abordados no projeto foi realizada uma revisão de literatura sendo as palavras chave escolhidas para busca: óptica, ensino de óptica, óptica no ensino superior e óptica no ensino médio. Estas abrangeram desde artigos retratando a divulgação de pesquisa realizada em laboratório até a forma com que o conteúdo de óptica está inserido e sendo trabalhado na área de ensino.

No total foram encontrados 166 artigos subdivididos em quatro categorias: óptica voltada para divulgação de pesquisas, óptica no Ensino Médio, óptica no Ensino Superior e aplicação/contextualização de conteúdo. Dentro dessas quatro, há subsídios suficientes para em conjunto com as determinações dos PCNEM, selecionar os conteúdos específicos para cada oficina.

O estudo da luz é muito antigo, pois já no oriente durante o desenvolvimento da astronomia as pessoas questionavam-se sobre a origem da luz dos astros. Uma das grandes figuras da mecânica também tinha interesse no tema, pois Sir Isaac Newton trabalhou durante anos com assuntos relacionados à óptica (SILVA, 2009). A área continua sendo abordada e assim como todos os conteúdos passa por momentos de auge e ocultação diante das outras áreas e subáreas. Houve um crescimento exponencial de artigos e publicações relacionadas à Física Moderna nas últimas décadas e por mais que a óptica esteja inserida no contexto de desenvolvimento saiu dos holofotes e encontra-se atrás das cortinas restrita à atenção dos que sentem um carinho especial por ela.

Os fenômenos ópticos são de suma importância para entender e identificar a utilidade dos componentes eletrônicos das últimas décadas, além das questões relacionadas diretamente com diagnósticos e tratamentos no âmbito da medicina.

2.1 Óptica voltada para divulgação de pesquisas

Foram 112 artigos tratando de assuntos referente a conteúdo distribuídos em experimentos, atualização de teorias, abordagens no campo de ensino em sala e discussões conceituais. Dentro dessas esferas os conteúdos que se destacaram foram: fibras ópticas, hologramas e formação de imagens com espelhos, difração e interferência, reflexão e discussões acerca da biofísica óptica.

2.2 Óptica voltada para o Ensino Médio

Nesta categoria havia 25 artigos, que é um número muito menor do que o apresentando no tópico anterior. As publicações voltadas ao Ensino Médio ficaram distribuídas entre resultados de pesquisas realizadas com alunos, das quais maior parte eram abordagens experimentais, e propostas para o ensino de tópicos de óptica. Os conteúdos mais abordados dentro da óptica geométrica foi reflexão, refração e formação de imagens.

2.3 Óptica voltada para o Ensino Superior

Aqui foram 17 trabalhos com características parecidas com os encontrados na categoria do Ensino Médio, pois a maioria se concentrou em abordagens experimentais e os demais eram propostas para o ensino de óptica, especialmente nas licenciaturas e engenharias.

2.4 Aplicação/contextualização de conteúdo

Para as aplicações, havia 12 trabalhos, dos quais apenas dois tinham no corpo do texto especificações para conteúdo do escopo da óptica. Um deles tratava da construção de telescópios e outro fazia uma contextualização dos fenômenos mais comuns encontrados no dia-a-dia. Ambos indicaram especificamente sujeitos e contextos em que os temas foram colocados.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar as contribuições que uma oficina, organizada com características de uma abordagem por projetos e constituída com a dinâmica envolta nos Três Momentos Pedagógicos, possibilita para incentivar os alunos de nível médio no estabelecimento de relações entre o conteúdo tradicional de óptica com os fenômenos observados no cotidiano e aplicações em dispositivos de alta tecnologia.

O projeto foi desenvolvido com 19 alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública estadual da cidade de Curitiba, Paraná. Foram organizados cinco encontros com duração de três horas cada um. O planejamento dos encontros foi realizado com intuito de não restringir os alunos ao estudo dos conteúdos de óptica, mas também de identificar as suas aplicações tecnológicas e o papel que elas desempenham na sociedade.

Ao mesmo tempo, buscou-se mostrar para os alunos os processos de produção do saber científico (Saber Sábio) no campo da óptica e o caminho que ele percorre até chegar às salas de aula. Para isso, houve colaboração do Capítulo do Estudante da *The Optical Society* (OSA²), o que permitiu acesso aos seus materiais de divulgação científica e *kits* experimentais.

No decorrer dos encontros foi estabelecido uma esfera harmoniosa de convivência entre a pesquisadora (que também era a professora) e os alunos. Como os encontros eram longos, foi necessário pensar em um ambiente dinâmico, acolhedor e principalmente que respeitasse limites. Como os alunos passavam quase toda a tarde em sala (das 13h às 15h), tinham acesso a uma garrafa de café e também possuíam a liberdade para pedir licença para tomar água e ir ao banheiro a qualquer momento. O diálogo era imprescindível e todos os alunos durante o primeiro encontro já se deram conta do quão diferente aquele trabalho seria. Assim, respeitaram o tempo de discussão, de brincadeiras, os períodos de “quebrar a cabeça” para fazer as relações sem interferência da professora.

Em termos da dinâmica das atividades realizadas nos encontros, a professora, atuando predominantemente como mediadora, ora apresentava um dispositivo ótico, ora retomava conceitos físicos já discutidos em outros momentos, ora solicitava que os alunos

²Fundada em 1916, a *The Optical Society* (OSA) é a associação profissional líder em óptica e fotônica, que abriga líderes científicos, engenheiros e empresários de todo o mundo. Através de publicações, reuniões e programas de adesão de renome mundial, a OSA fornece informações de qualidade e interações inspiradoras que levam as realizações à ciência da luz. (OSA, 2017)

discorressem sobre o dispositivo, suas aplicações, contextos e por fim como funcionava. Na maioria das vezes, eram os alunos que apontavam a necessidade de uma base científica para explicar determinado comportamento do dispositivo e, por meio dos experimentos, buscavam encontrar configurações que se assemelhavam ao fenômeno físico, que passava então a ser discutido formalmente com a linguagem científica adequada.

Nos minutos finais de cada encontro era apresentado aos alunos experimentos do *kit* da OSA, que por características intrínsecas de produção, tinham o objetivo de incentivar e despertar a curiosidade dos alunos em relação a outros fenômenos que não seriam abordados com a mesma profundidade, mas eram também importantes nos contextos discutidos.

A avaliação da produção e participação dos alunos era realizada de maneira qualitativa, não considerando apenas o domínio do conteúdo para a atribuição da nota. As proposições de cada aluno durante as discussões e a forma como trabalhavam em equipe foi bastante valorizada. Os experimentos, assim como as divisões em grupo tinham intuito de colocar em discussão além do conceito físico e sua aplicação, o papel do cientista experimental e os mecanismos inerentes ao seu trabalho no âmbito da ciência.

A seguir, será apresentada a caracterização dos participantes da pesquisa e da escola onde eles estudam, bem como as características do local e da instituição onde foi desenvolvido o projeto.

3.1 Caracterização dos participantes da pesquisa e da escola

A escola pública estadual onde os alunos participantes da pesquisa estudavam pertence à região central de Curitiba, é de porte médio. Na data de conclusão desta pesquisa, havia 22 turmas na escola, sendo nove de nível fundamental e 13 de ensino médio. O colégio somava 480 matrículas, das quais 160 eram de alunos do segundo ano (SEED, 2016). O colégio funciona de segunda a sexta das 7h30min às 11h50min no período da manhã e das 13h até 17h30min no período da tarde, sendo o período matutino destinado a atender alunos do ensino médio e o vespertino alunos do ensino fundamental.

A escolha do colégio se deu não só pela proximidade da instituição na qual o projeto foi desenvolvido, mas também por já existir um vínculo de colaboração devido aos estágios supervisionados que os alunos do curso de licenciatura em Física da UTFPR realizavam na

instituição. Por conta disso, as questões relacionadas aos documentos e burocracia administrativa foram facilitadas.

O colégio possuía quatro turmas de segundo ano e somente uma delas foi escolhida para participar deste projeto. Um dos motivos da escolha foi o número de alunos, visto que o ambiente disponível para a aplicação da atividade tinha um limite de contingência e, segundo, a preferência por esta turma foi porque, na visão dos professores, os alunos possuíam menor índice de aproveitamento na disciplina, constituindo-se em um desafio para a pesquisadora.

A definição por alunos do segundo ano do nível médio como participantes do projeto foi automática, pois é geralmente neste ano que nos colégios estaduais o conteúdo de óptica é trabalhado. Além disso, considera-se que os alunos que estão neste ano escolar estão passando por uma fase importante em que possivelmente analisam as possibilidades que o último ano no colégio lhes trará: podem eles optar por simplesmente concluir o ensino médio ou então por ingressar em uma instituição de ensino superior. Seja qual for a escolha, devem estar preparados, o que de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM) e a Lei de Diretrizes e Bases (LDB/96), é uma tarefa que pertence especialmente a escola.

Os alunos tinham entre 16 e 19 anos de idade, sendo característico da turma um número considerável de estudantes que trabalhavam ou faziam estágio no horário de contra turno. Assim, foi necessário entrar em contato com os respectivos supervisores e chefes para solicitar, mediante apresentação de declaração (anexo B), dispensa dos alunos no período referente às atividades propostas pela oficina. Foi também necessário solicitar que os pais dos alunos autorizassem que seus filhos participassem do projeto. Para isso, foi elaborado um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo A) que também fornecia informações acerca de como se daria a realização das oficinas.

Para solicitar acesso ao colégio foi necessária uma reunião com a diretora. Concomitantemente, foi conversado com a professora da disciplina, que também era a supervisora de estágio da pesquisadora, para que ela cedesse um espaço de tempo durante a aula para a entrega de documentos e para que os recados fossem passados aos alunos. Em conjunto, diretora e professora, autorizaram a realização da atividade com os alunos e

também vislumbraram a possibilidade de vincular um ponto extra para os participantes ativos na atividade. Essas questões foram importantes para realização do projeto.

É importante esclarecer que aos alunos foi feito um convite, uma vez que a oficina se constituía numa atividade extra e não obrigatória. Aos que estagiavam ou trabalhavam foi disponibilizada uma declaração com as especificações e detalhes da atividade aos seus superiores. Para esses alunos foi entregue também declarações de presença (anexo C) para cada encontro constando a carga horária e identificação da instituição e do Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Física (GEPEF), ao qual o projeto foi vinculado.

Os próximos parágrafos indicaram os caminhos e processos na constituição e aplicação das atividades desenvolvidas.

3.2 O planejamento das oficinas

A proposta da oficina foi constituída para aplicação no contra turno do período de aula na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba, sede Centro, devido à possibilidade de contar com infraestrutura, recursos materiais e pessoal. O objetivo do projeto não era tornar os alunos protótipos de cientistas, tal qual se observava nas propostas de ensino dos projetos característicos do início da segunda metade do século XX. Mas, tinha como objetivo estimular uma visão mais crítica do cotidiano de forma a identificar conceitos físicos e desenvolver o hábito de prestar atenção nessas manifestações em aplicações nos dispositivos tecnológicos, assim como saber identificá-las.

Existe a possibilidade de realizar atividades semelhantes a essa nas dependências da UTFPR desde que sejam apresentadas justificativas pedagógicas plausíveis e com as reservas de sala e equipamentos feitas por um docente da instituição. Para esta fase, coube ao orientador deste trabalho fazer as reservas de ambiente e materiais. A escolha da universidade como espaço também foi devido à possibilidade de visitar o laboratório FOTON³, e também porque os membros do capítulo de estudantes da OSA (*The*

³ O grupo é o principal grupo de pesquisa e desenvolvimento na área de dispositivos fotônicos no Paraná e, com menor peso, importante na região Sul. A linha de pesquisa em sensores a fibra ótica, com destaque em redes de Bragg, está em parte voltada a problemas de monitoração Estrutural (Eng. Civil, Mecânica), Engenharia Elétrica (Instrumentação) e Biomecânica - área em que foi um precursor.

Os resultados obtidos obtiveram repercussão em periódicos com excelente fator de impacto e em um grande número de conferências domésticas e internacionais, incluindo várias palestras convidadas. (CAPES, 2016)

Optical Society) fazem parte de um grupo de pesquisa na instituição, o que facilitou o acesso ao material disponibilizado por eles.

A sala utilizada na universidade possuía como recurso, além do quadro tradicional, um projetor. O espaço tinha cortinas escuras para proporcionar um ambiente adequado aos experimentos que envolviam distintas fontes de luz e carteiras com diferentes tamanhos que auxiliaram nas alterações das configurações experimentais. No que diz respeito à utilização do espaço físico, o número de alunos da turma não superou a capacidade da sala, o que permitiu proporcionar um espaço confortável, especialmente para o trabalho em grupo com os conjuntos experimentais.

Os *kits* de experimentos pertenciam à universidade, sendo alguns considerados modernos e outros um pouco mais antiquados. Porém, todos tidos como indispensáveis para as atividades realizadas. A maior vantagem foi a garantia de conseguir explorar diversos conceitos utilizando poucos elementos nas montagens, pois os materiais foram construídos de maneira didática justamente com esse objetivo. Isso facilitou também para identificação de outras aplicações em elementos do cotidiano.

Quanto às especificidades das oficinas, como já anunciado anteriormente, o tema gerador foi a óptica. O motivo dessa escolha foram os vínculos de trabalho com o tema em laboratório e os conteúdos específicos foram adotados de acordo com a intersecção dos resultados da revisão de literatura e da proposta dos PCNEM. Assim, da óptica geométrica foram abordados reflexão e refração e da óptica física a difração, interferência, espectroscopia e os lasers.

A ideia de oficina como alternativa ao ambiente tradicional para abordar assuntos cotidianos surgiu devida às limitações de tempo para realização do projeto, pois no dia a dia da sala de aula foi percebida a necessidade de verificar se as propostas discutidas nos referenciais teóricos poderiam contribuir na identificação dos fenômenos físicos diários por parte dos alunos. Isso, associado ao fato de muitos alunos estagiarem e trabalharem levou a necessidade de construir oficinas em que os alunos fossem protagonistas. Por outro lado, buscou-se tomar o cuidado de fazer com que o trabalho não perdesse nem a característica de projeto e nem deixasse de lado a análise por meio das regras da transposição didática. Assim, foi desenvolvida uma oficina para cada tema de forma que elas fossem autocontidas, ou seja, havia relação entre os conteúdos abordados nas diferentes oficinas, porém nada que

pudesse atrapalhar o andamento da outra, de forma que se, por um imprevisto ou problema, o aluno não comparecesse em um dos encontros, não teria problemas em acompanhar o desenvolvimento das atividades dos próximos encontros.

3.2.1 Oficina 1

A primeira oficina abordou o conteúdo de reflexão da luz e tinha como objetivo explorar o que os alunos já conheciam sobre óptica e os conteúdos que seriam abordados no decorrer dos encontros. Para isso, eles responderam um questionário constituído de sete questões abertas (apêndice A). Em seguida, foram orientados a analisar uma fibra óptica a fim de explorar a sua constituição.

Esta atividade foi dividida aos três momentos pedagógicos, segundo concepção de Delizoicov, Angoti e Pernambuco (2002) para uma abordagem temática.

O primeiro momento foi de problematização, em que a professora após aplicar um questionário inicial que seria utilizado como um dos instrumentos de análise, inseriu a fibra óptica como tema de conversa. Como esse é um elemento muito comum no dia a dia dos alunos, esperava-se que eles tivessem algumas noções, mesmo que vagas sobre o assunto. Cada proposição deles foi registrada para ser analisada no decorrer da oficina. Nesta discussão não havia certo ou errado, ou seja, todos podiam manifestar suas suposições sem se preocupar com notas. Ainda no âmbito da problematização, os alunos foram orientados a ler o resumo traduzido de um artigo⁴ científico, produzido por pesquisadores dos laboratórios LABLASER⁵ e FOTON da UTFPR, que versava sobre a aplicação das fibras ópticas como dispositivo de sensoriamento.

No segundo momento pedagógico a professora inseriu formalmente o conteúdo do artigo no contexto da conversa. Utilizou-se como suporte um computador para que os

⁴COROTTI JR, Raquel de Paiva et al. Etched FBG written in multimode fibers: sensing characteristics and applications in the liquid fuels sector. *J. Microw. Optoelectron. Electromagn. Appl.* [online]. 2015, vol. 14, n. 1, pp. 51-59. ISSN 2179-1074. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-10742015v14i1426>.

⁵O Laboratório de Laser da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) foi criado em 1996 como parte de um projeto de pesquisa associado com professores do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS). Está voltado para a área de pesquisa de Fotônica aplicada à engenharia. O Laboratório está associado ao Grupo de Dispositivos Fotônicos e Aplicações da UTFPR, com atividades voltadas para a produção e caracterização de Redes de Bragg (FBG) e Redes de Período Longo (LPG) em fibras ópticas, bem como para suas aplicações no desenvolvimento de transdutores e sensores ópticos. Também faz parte das atividades de pesquisa na área de Espectroscopia Óptica, área iniciada na fundação do Laboratório em 1996 e que recebeu aportes significativos de recursos a partir de 2011. (LABLASER, 2017)

desenhos e diagramas fossem devidamente representados. O conteúdo apresentado e discutido abrangeu o campo conceitual e matemático. Em seguida, solicitou-se que os alunos, em grupos de quatro a cinco integrantes, realizassem um experimento de reflexão com a finalidade de identificar os elementos discutidos. Não havia roteiro para o experimento, o que obrigou os alunos a pensar sobre a disposição do material que eles tinham para conseguir explicar os conceitos que apontaram estar relacionadas ao funcionamento do dispositivo. Os itens disponíveis para os experimentos com sua identificação e foto estão no anexo D. Durante a atividade experimental, a professora atuou como mediadora para auxiliar e verificar se as montagens estavam corretas, deixando claro para os alunos que a forma como o fenômeno seria explorado ficava sob a responsabilidade deles. Após a atividade, os alunos foram orientados a retomar as questões iniciais e respondê-las com embasamento teórico e experimental.

A avaliação da aprendizagem foi realizada através do registro dos resultados experimentais obtidos, pois, de acordo com o que foi apresentado durante a explanação, cada grupo utilizou uma configuração diferente do experimento para obter os dados, o que também gerou resultados diferentes, alguns certos, outros errados.

Não foi possível fazer toda caracterização da fibra óptica sem o experimento de refração, mas ainda assim foi possível obter resultados interessantes, os quais serão objeto de análise do próximo capítulo.

Na parte final da primeira oficina, duas pesquisadoras da pós-graduação do grupo de fotônica, membros do capítulo de estudantes da OSA, foram fazer algumas demonstrações sobre polarização aos alunos e apresentar mais alguns itens com os quais lidavam no seu projeto de pesquisa durante o mestrado e doutorado.

Após encerrar as atividades, a pesquisadora fez um relatório com os aspectos mais importantes das atividades realizadas e preencheu uma planilha de controle de frequência e do desenvolvimento participativo de cada aluno.

3.2.2 Oficina 2

Assim como a primeira oficina, esta foi pensada para ser autocontida e de forma semelhante dividida em três momentos. O conteúdo abordado foi refração, sendo este

justificado também a partir dos resultados da revisão de literatura que contempla o âmbito de estudo da óptica geométrica.

Mesmo não sendo necessária para compreender os conceitos que seriam abordados na oficina 2, foi retomada a discussão realizada no encontro anterior. A partir da revisão, a professora percebeu que os alunos conseguiam explicar somente em parte o processo de funcionamento da fibra óptica. Assim, a segunda oficina teve sua primeira etapa pautada na discussão dos detalhes do funcionamento de um sensor óptico e suas implicações sociais. Mais especificamente, a produção de biocombustíveis e seus processos, sendo os sensores ponto chave no custo de produção. As análises dos processos envolvidos na constituição dos biocombustíveis demandam sensores que sejam baratos para reduzir os custos de fabricação e uma opção, de acordo com o resumo do artigo lido, foi um sensor óptico. Esses elementos, assim como os benefícios ambientais do uso de biocombustíveis foram abordados nesta conversa.

Partindo das discussões e analisando alguns diagramas de definições da óptica geométrica, as propostas dos alunos começaram a ganhar mais estrutura e um caminho para construção experimental da análise do comportamento da luz, estabelecendo uma analogia com o dispositivo estudado. Essa construção consistia na montagem similar a utilizada para verificar o fenômeno de reflexão, mas agora substituindo o espelho plano por uma peça de acrílico que seria o segundo meio no qual os raios de luz seriam refratados. Por fim, eles tiveram acesso aos mesmos materiais experimentais do encontro anterior. Já familiarizados e com um pouco mais de desenvoltura, procederam a sua montagem, coleta e análise dos dados, mais uma vez sem roteiro.

As questões iniciais foram retomadas, sendo dada bastante ênfase às implicações ambientais e sociais dos conteúdos inerentes a óptica. O conteúdo físico também foi justificado de maneira exemplar pelos alunos. Ao fim desta oficina os alunos identificaram um a um os conteúdos e fenômenos observados no funcionamento e caracterização da fibra óptica.

Neste dia não houve intervenção do capítulo de estudantes da OSA, mas os alunos tiveram acesso aos materiais dos *kits* para ver o funcionamento e comportamento de filtros de luz. Assim como na primeira oficina, a professora fez um relatório sobre a oficina, ao mesmo tempo que avaliava a aprendizagem dos alunos.

3.2.3 Oficina 3

Na terceira oficina, diferentemente das anteriores, antes de propor o objeto de problematização, foi realizada uma aula conceitual sobre fenômenos ondulatórios, pois este conteúdo era pré-requisito para dar continuidade aos estudos de difração e interferência. Os alunos foram questionados sobre a necessidade de mudança do sinal analógico para o digital nas transmissões de sinais para os canais de TVs e como isso influencia no funcionamento das antenas. Dentro desse contexto os alunos tiveram muitos apontamentos sobre o funcionamento dos componentes eletrônicos e os conceitos físicos envolvidos em cada um.

A configuração experimental para identificar o fenômeno de interferência (itens e fotos no anexo E), foi realizada com um laser de Hélio-Neônio (He-Ne). Por precauções, diferente dos experimentos anteriores, a professora foi quem fez a montagem e o alinhamento do experimento. No entanto, para manter a estratégia de instigar a criatividade dos alunos, eles é que indicavam os procedimentos que deveriam ser realizados. Como o estudo do fenômeno de interferência está no âmbito da óptica física, a construção experimental foi realizada em conjunto com o desenvolvimento teórico, sendo caracterizado cada comportamento do alinhamento de acordo com o que estava descrito no livro texto.

O terceiro momento envolveu a problematização dos sinais analógicos e digitais, o que exigia uma aproximação com especificidades do campo da eletrônica. Por isso, um dos membros do grupo de pesquisa do FOTON, aluno da engenharia de controle e automação, foi convidado a fazer uma explicação sobre o assunto de modo a sanar as dúvidas dos alunos.

Esta oficina foi a que mais exigiu abstração por parte dos alunos pelo fato de não ser possível enxergar ondas eletromagnéticas. Na parte final da oficina 3, foi realizada uma discussão sobre a dualidade onda-partícula, a fim de mostrar que os dispositivos eletrônicos funcionam baseados nesses comportamentos e em outros da fenomenologia quântica, como por exemplo o efeito de tunelamento. Essa discussão final deixou os alunos pensativos por ser um conteúdo inédito para eles, mas ao mesmo tempo agitados e interessados em compreender detalhes da teoria que estava por trás desses comportamentos.

3.2.4 Oficina 4

De acordo com o planejamento, os alunos fariam uma visita guiada a um dos laboratórios do grupo de pesquisa e realizariam, junto com os alunos da pós-graduação, um experimento para visualizar os efeitos da espectroscopia em amostras biológicas. Mas, infelizmente, a realização do experimento no laboratório não foi possível porque neste dia foi feito um agendamento com urgência para realizar outro trabalho.

Essa oficina era completamente independente das anteriores, mas ainda assim foram retomados conceitos já discutidos e depois aberto espaço para os alunos realizarem seus questionamentos. Essa retomada só foi possível e de fato realizada, porque nenhum dos alunos faltou aos encontros.

Por não ser possível demonstrar a experiência no laboratório, neste dia foram utilizados simuladores disponibilizados online para demonstrações dos fenômenos de difração e também das possibilidades proporcionadas pela espectroscopia, especialmente no ramo das ciências biológicas. Nessas simulações, também foi possível aprofundar os princípios de funcionamento do laser.

Como os alunos ainda não estavam familiarizados com os fenômenos relacionados à óptica física, foi solicitado que buscassem aplicações do laser na internet para fomentarem a discussão. Assim, foram discutidas questões relacionadas a aplicações do laser para depilação, cirurgias, pesquisas e “brinquedos”. Dentre essas aplicações, no que diz respeito a meios ativos dos lasers, foi colocado em pauta quando ele é benéfico e quando é prejudicial. Assim, foi possível conversar um pouco sobre o seu desenvolvimento em conjunto com o das análises e resultados relativos à radioatividade de elementos e suas implicações na saúde.

Por último, os alunos tiveram acesso aos lasers e redes de difração dos *kits* da OSA. Com isso puderam identificar as semelhanças e diferenças dos fenômenos quando estes eram observados por simuladores e quando observados por uma montagem experimental, além de explorar como nessas montagens os lasers podem ser úteis na análise do fenômeno de difração. Esse foi um momento bastante interessante para discutir as simplificações realizadas que muitas vezes acontecem no processo de transposição didática do Saber Sábido para o Saber a Ensinar.

Após o término das atividades, a professora fez os registros e avaliações como nas oficinas anteriores.

3.2.5 Oficina 5

No início deste encontro os alunos realizaram a visita ao laboratório de pesquisa FOTON, oportunidade que permitiu que eles tivessem uma noção de espaço, equipamentos, aparelhos, perfil de pesquisadores, custos, organização e aparência de um tipo de ambiente de pesquisa científica.

Para entrar no laboratório, os alunos foram divididos em grupos de no máximo cinco integrantes. Enquanto um grupo fazia a visita, os outros ficavam responsáveis por construir o produto final do projeto – uma produção audiovisual que mostrava a montagem e identificação dos aparatos experimentais, assim como as explicações para os fenômenos.

No final da atividade e das visitas, os alunos realizaram o pós teste, ou seja, responderam mais uma vez ao questionário do primeiro encontro. As respostas foram analisadas com vistas a compreender como que as oficinas contribuíram para a evolução das concepções dos alunos. Assim como a professora, os alunos elaboraram um pequeno relatório de observações com suas dificuldades e o que mais gostaram de fazer. Além disso, deveriam produzir um material áudio visual que compilasse os conhecimentos e conteúdos adquiridos em todas as atividades realizadas.

4. RESULTADOS E ANÁLISES DOS DADOS

Para análise e caracterização dos resultados tomou-se como referência o questionário aplicado no primeiro e último encontros, assim como o material audiovisual produzido pelos alunos na última oficina e os diários que a professora manteve. Como a construção do conteúdo e propostas de cada oficina foram feitas para serem autocontidas e assim independentes, os resultados de cada encontro estão separados em tópicos. Antes da análise de cada oficina com os devidos referenciais, será apresentada a caracterização da turma e dos alunos, tomando como referência as questões de indicativos pessoais, sendo que as mudanças ou não de concepções e opiniões foram abordadas no final deste capítulo.

Dentre os 19 alunos que participaram das atividades, 16 indicaram que a disciplina de Física é importante, dois discordaram e um aluno indicou que talvez seja importante. As justificativas para a pergunta foram variadas, sendo as duas mais frequentes a utilidade em determinadas profissões e a aplicação. Os alunos tinham noção de que a importância da disciplina estava localizada nas aplicações, mas nenhum deles indicou nas respostas uma aplicação de fato. Assim, é possível supor que neste contexto os alunos ainda não tinham elementos para conseguir desenvolver uma relação entre conteúdo e cotidiano.

A segunda questão era pessoal e procurava saber se os alunos gostavam ou não da disciplina. As respostas ficaram divididas entre a opção sim e a não, exceto por um deles que indicou depender das circunstâncias. Nove alunos declararam que gostavam da disciplina e outros nove indicaram que não gostavam, como indica o gráfico 1.

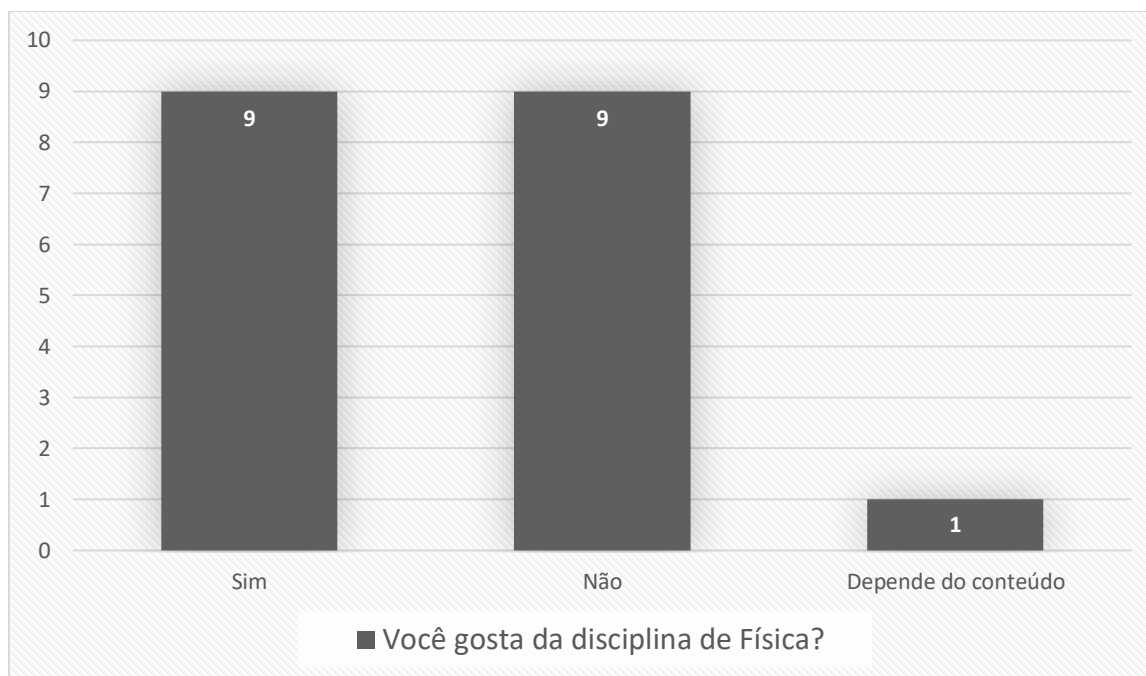


Gráfico 1: resposta para a segunda questão

As justificativas foram menos ecléticas que na questão anterior, sendo apontados como principais motivos para não gostarem a dificuldade com os cálculos e o desempenho escolar. Em algumas respostas foi observado que as relações matemáticas eram colocadas como divertidas e interessantes, enquanto em outras como desmotivadoras. O bom desempenho na escola foi decisivo para quem tira boas notas justificar que gosta da disciplina e, no caso contrário, para justificar que não gosta da disciplina.

Algumas respostas julgadas interessantes foram as que os alunos se indicaram com perfil característico da área de humanas ou de exatas. Esse ponto parece sugerir que, na concepção deles, se alguém gosta e é bom em uma dessas áreas, não tem características que o façam desempenhar com sucesso a outra, ou seja, uma concepção determinista que lhe classifica de acordo com suas aptidões.

A última questão pessoal foi sobre o que os alunos consideram ser uma boa aula. Todos os alunos apontaram que em uma boa aula deve haver participação e interação entre professor e alunos, assim como deve possibilitar o entendimento da utilidade e aplicação do conteúdo abordado. Alguns alunos aprofundaram as respostas dizendo que quando o professor exemplifica e identifica os conhecimentos teóricos de maneira prática, eles ficam mais interessados em “desvendar” e explorar outros conceitos da mesma forma.

Era uma turma diversificada, constituída por alunos com perfil que variava desde o mais apaixonado pela disciplina até o que odiava e que deixou isso escrito literalmente em suas respostas. Esses extremos foram importantes no momento da problematização, porque geraram dúvidas e apontamentos referentes a utilidade e necessidade de abordar os conteúdos físicos e suas aplicações, o que permitiu explorar não só o que foi proposto, mas também o que permeia os conceitos físicos como, por exemplo, os impactos sociais do que a ciência produz.

Sobre domínio de conteúdo, cada tópico abordado foi colocado como questão aberta para admitir toda gama de respostas possíveis, desde o mais simples “não sei”, até exemplos mais complexos se fosse o caso. Mesmo não havendo troca de informações entre os alunos, eles apresentaram uma concepção homogênea do assunto. As especificações e detalhamento estão contextualizadas dentro da descrição de cada oficina.

Com isso, seguem as análises das oficinas para melhor compreensão das etapas e seus respectivos resultados.

4.1 Resultados e discussões à luz dos Três Momentos Pedagógicos

As análises foram realizadas com o objetivo de verificar a evolução dos alunos em relação ao conhecimento físico que possuíam antes e depois da oficina, bem como se eles conseguiam ampliar o espectro de aplicações e identificações dos fenômenos estudados na sociedade. Para isso, foram estabelecidos três momentos:

- Primeiro momento: em que são analisadas as respostas dos alunos antes da introdução dos conceitos físicos.
- Segundo momento: em que é relatada a forma como os alunos constroem e assimilam os conceitos a partir de uma montagem experimental.
- Terceiro momento: em que são relatadas as conexões que os alunos conseguiram estabelecer entre os conceitos físicos estudados, o objeto de problematização e o meio que os cerca.

Assim, seguem os resultados e discussões acerca dos momentos em cada encontro.

4.1.1 O primeiro momento – análise das respostas do questionário inicial

Neste tópico serão dispostas as respostas iniciais dos alunos e como foi realizada a problematização de cada encontro, sendo que as oficinas 1 e 2 ficaram juntas por partilharem o mesmo objeto de estudo para problematização.

4.1.1.1 Oficinas 1 e 2

A primeira questão solicitava que os alunos descrevessem o que sabiam sobre fibras óticas. De forma geral a turma apresentou pensamento homogêneo, limitando-se a caracterizar e descrever as fibras óticas pelos seus aspectos estruturais, sem estabelecer qualquer relação com os conceitos físicos (reflexão e refração da luz) subjacentes ao seu funcionamento. A figura 2 resume quais foram as respostas para esta questão.

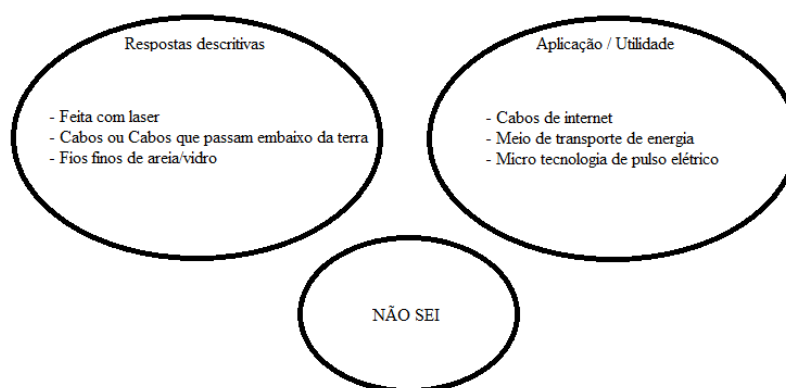


Figura 2: respostas para questão sobre fibra óptica

Fonte: a autora

Percebe-se pelas respostas que nenhum aluno evidenciou conhecimento aprofundado do assunto ou indicou relação direta do conteúdo físico e científico com a aplicação, o que já era esperado para este nível de ensino. Nota-se também que optaram por descrever a fibra óptica ao invés de abordar seu funcionamento, pois exemplificaram o uso através da internet sem descrever o processo.

Na problematização do conteúdo foi apresentada uma fibra óptica desencapada para que os alunos conhecessem seu aspecto interno, o que os deixou surpresos. Quando a professora perguntou sobre o funcionamento da fibra óptica, as respostas giraram em torno do que

imaginavam ser os materiais constituintes da fibra sem, no entanto, indicar conceitos científicos específicos. Como esperado, os alunos ficaram intrigados com as questões que abordavam os conceitos físicos que permeiam o objeto estudado, porém apresentaram mais questões em relação aos elementos que envolviam os resultados da aplicação da fibra óptica e menos sobre os fenômenos físicos envolvidos no seu funcionamento.

Questões relacionadas diretamente aos conceitos físicos na transmissão de dados (antes de discutir sensoriamento) foram direcionadas para a fibra óptica em si e isso os fez retomar a curiosidade para identificar o conceito físico imbuído aos resultados discutidos até então.

Uma fibra óptica de transmissão, como a utilizada no âmbito das discussões abordadas aqui é da ordem de um fio de cabelo, cerca de 125 micrometros. Os alunos ficaram curiosos, pois queriam compreender como a luz (sinal transmitido através das redes óticas), passando por um fio tão fino poderia ser o motivo das inúmeras possibilidades que a internet acarreta no que diz respeito ao acesso de informações.

Na segunda oficina, no que diz respeito ao conteúdo, foram necessárias mudanças no cronograma. Para dedução da Lei de Snell foi preciso retomar os conceitos de trigonometria e cinemática básica e isso fez com que os alunos se sentissem mais à vontade com a linguagem. Os conceitos introduzidos eram diferentes, mas a base necessária eles já tinham, o que auxiliou na construção dos novos conhecimentos e no estabelecimento de novas relações.

O segundo encontro iniciou com o resgate dos conceitos físicos de reflexão e refração da luz e como eles se relacionavam com tema de problematização (a fibra óptica). De acordo com a percepção da professora e dos alunos, a retomada dos conceitos foi muito mais esclarecedora, pois os alunos já possuíam boa parte da base teórica da óptica geométrica para entender algumas de suas aplicações. Nesta etapa, percebeu-se que os alunos começaram a apresentar indícios da identificação dos elementos científicos necessários para explicar não só a fibra óptica, mas também outras aplicações relacionadas aos fenômenos físicos estudados e que fazem parte de seus cotidianos.

4.1.1.2 Oficina 3

Na terceira oficina, foram discutidos os fenômenos de difração e interferência. Diferentemente das respostas fornecidas quando foram sondados sobre o que sabiam sobre fibras ópticas, para o caso do fenômeno da difração todos os alunos responderam “não sei” na questão que buscava investigar o que eles sabiam sobre o tema. Já para interferência houve respostas, mas todas ficaram restritas ao exemplo de interferência de sinais ou seu uso comum (impedimento de algo/alguém), conforme indicado abaixo:

“É quando algo interfere, ou seja, atrapalha algo” (A5)

“Interferência é impedir a pessoa de fazer alguma coisa. Ex.: professor interferir o aluno, porque está conversando”(A6)

“Interferência num sinal de uma ligação telefônica” (A7)

“Quando acaba a rede de uma chamada” (A8)

Para ambos os fenômenos, como era de se esperar, nenhum aluno indicou como resposta explicações no âmbito científico e conceitual da Física.

Para explicar o conceito de difração, a professora tomou como referência a propagação das ondas sonoras. Os alunos foram questionados sobre o motivo de mesmo com portas e janelas fechadas ouvirem o som dos carros que estavam passando na rua e dos alunos que estavam no corredor ao lado. Já para problematizar o conceito de interferência os alunos foram questionados sobre a mudança do sinal analógico para o digital nas redes de televisão e a relação do fenômeno com a imagem.

Inicialmente, os alunos identificaram que a imagem com ruído era consequência de um tipo de interferência, mas ainda não tinham bem definida a ideia de que o sinal que chegara até a antena da TV era na verdade transmitido por uma onda eletromagnética. Essa abstração foi a mais difícil de transpor e fazer analogias, por isso a discussão se estendeu pelos encontros posteriores.

4.1.1.3 Oficina 4

Mais uma vez, a oficina 4 era completamente independente das anteriores, mas ainda assim foram retomados conceitos já discutidos e depois aberto espaço para problematização e indagações dos alunos. Neste encontro os problemas propostos envolviam espectroscopia.

A intenção de trabalhar esse assunto era para que os alunos pudessem ir ao laboratório realizar medidas de espectros para espectroscopia de absorção, o que infelizmente precisou ser cancelado devido ao agendamento realizado pelo grupo parceiro que tinha prioridade na agenda. A solução encontrada foi propor atividades utilizando aplicativos online.

Além da espectroscopia, foi abordado neste encontro os lasers e seu funcionamento. Esta oficina não contou com prática experimental, mas os procedimentos de acordo com os Três Momentos Pedagógicos se realizaram da mesma forma. A professora perguntou a eles como funcionavam os lasers e quais os princípios físicos envolvidos. As discussões e respostas ficaram em cima do que tinham respondido no questionário aplicado no primeiro encontro:

“Laser é uma luz capaz de cegar, vermelhinha” (A16)

“Uma luz fina como brinquedo” (A17)

“Laser é uma luz vermelha que sai de um objeto” (A18)

“Uma luz que passa por uma lente onde aumenta a sua intensidade”
(A10)

A maioria dos alunos apresentou como concepção de laser uma luz vermelha que apresenta determinados perigos, mas sem indicar quais são os perigos e o seu motivo. Para embasar as explicações acerca da constituição, funcionamento e aplicações para os *lasers* foi utilizada uma série de *gifs* animados representando os níveis de distribuição de energia atômica e a distribuição de Boltzmann para o equilíbrio térmico. Essas animações foram essenciais para que os alunos saíssem da esfera de abstração para visualizar exemplos análogos com partículas representadas por bolinhas e os níveis por faixas de energia.

4.1.2 O segundo momento – desenvolvimento experimental

Este tópico apresenta o desenvolvimento dos alunos durante as atividades experimentais, as quais foram de suma importância para cumprir os objetivos propostos aqui.

4.1.2.1 Oficinas 1 e 2

Após o desenvolvimento teórico, a abordagem experimental chamou nitidamente a atenção dos alunos e teve um impacto ainda maior quando os alunos não encontraram um roteiro fechado com especificações para seguir.

Fazer com que eles analisassem as possibilidades do instrumento que possuíam de acordo com os referenciais teóricos, desenhos e diagramas que tiveram acesso na explanação teórica foi uma atividade que os forçou a pensar e explorar os itens. Essa mudança de abordagem foi essencial para os alunos identificarem por si a semelhança da imagem e o resultado experimental com o que viram antes. Em síntese, eles conseguiram determinar as semelhanças entre o diagrama que representa os ângulos de incidência e reflexão com o aparato experimental e o que observaram através dele. Essa determinação implicou em questionamentos como forma de assegurarem que tinham entendido o que estavam observando.

A relação com o objeto de problematização não foi imediata porque exigia o conceito de reflexão total.

Logo após essa primeira atividade experimental os alunos já pediram para alterar as respostas dadas no questionário do início, porém isso iria desajustar o parâmetro de análise e como solução foi permitido que acrescentassem ou corrigissem concepções em um segundo pedaço de papel.

Na segunda oficina, um elemento interessante foi a agilidade dos alunos para montar a configuração experimental. Mesmo tendo se passado mais de 15 dias (pois um dos encontros foi remanejado por conta de um feriado), os alunos não tiveram mais a dificuldade do encontro anterior. As relações e os conceitos surgiram naturalmente e com mais facilidade, pois o exercício mental que estavam praticando era o de relacionar e identificar o que era abordado em sala durante as discussões com outros fenômenos similares em distintas situações. Foram através das correspondências com a base que já possuíam que construíram os novos entendimentos, nesse caso em especial da refração e reflexão total da luz.

Assim como na retomada de conceitos, a retomada do objeto de problematização foi também mais esclarecedora, pois os alunos já tinham toda a base da óptica geométrica necessária para entender aquela aplicação.

4.1.2.2 Oficina 3

Na terceira oficina, a configuração experimental para identificar o fenômeno de interferência (itens e fotos no anexo D) foi realizada com um laser de Hélio-Neônio (HeNe). Por precaução, diferente dos experimentos anteriores, a professora foi quem fez a montagem e o alinhamento do experimento. Mas, para manter a estratégia de instigar a criatividade dos alunos, eles é que tinham que indicar os procedimentos para a execução do experimento.

Foi esclarecido aos alunos que a principal limitação ao tratar dos sinais de televisão é que a interferência se restringe ao objeto receptor, ou seja, a antena, enquanto a qualidade da imagem tem mais influência dos dispositivos eletrônicos de recepção do sinal. Já a questão do conversor e a interpretação eletrônica do sinal ocorre através de componentes eletrônicos como os transistores, por exemplo. Para explicar esses fenômenos foi retomado os conceitos de modulação de ondas e também o significado de amplitude e frequência discutidos no início do encontro. Quem realizou essas interpretações referentes a eletrônica foi o Leonardo Santana, membro do grupo de pesquisa do FOTON e aluno da engenharia elétrica na UTFPR.

4.1.2.3 Oficina 4

No quarto encontro, para abordar os fenômenos de difração e também das possibilidades proporcionadas pela espectroscopia, especialmente no ramo das ciências biológicas e do comportamento ondulatório da luz, foi utilizado um aplicativo online que simulava efeitos de difração em fendas e permitia mostrar os efeitos de interferência com as respectivas indicações de máximos e mínimos, além da configuração de espectroscopia por absorção.

Em seguida, os alunos tiveram acesso às redes de difração dos *kits* da OSA e puderam identificar as semelhanças e diferenças dos fenômenos quando estes eram observados por simuladores e quando observados por um objeto submetido a um teste experimental. Esse foi um momento bastante interessante para discutir as simplificações realizadas que muitas vezes acontecem no processo da Transposição Didática entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar. O simulador mostrava ondas mecânicas muito parecidas com as

que se formam nos lagos ao se jogar uma pedra. Entretanto, ao tratar de lasers e dos *kits* da OSA o foco são as ondas eletromagnéticas, sendo que ao incidir um laser na rede de difração o comportamento da luz é distinto da animação mostrada devido as diferenças na natureza das ondas difratadas. A manifestação do fenômeno de interferência é distinta e isso deixou os alunos intrigados, pois os pontos de máximo e mínimo no simulador tinham as mesmas características da onda que vinha da fonte, enquanto na rede de difração com o laser eram três pontos de luz.

4.1.3 O terceiro momento – as relações entre os fenômenos e suas aplicações

Este tópico trata do terceiro momento, que é quando acontece o resgate do objeto de problematização e então são aplicados os conhecimentos adquiridos para caracterizá-lo.

4.1.3.1 Oficinas 1 e 2

Ao final do primeiro encontro, foi abordado o conceito de refração da luz para que fosse possível retornar ao objeto de problematização (fibra óptica como sensoriamento) e para isso não foi realizada a demonstração matemática da Lei de Snell⁶. Todos os alunos indicaram em suas observações não compreender de onde surgiu a equação e por conta disso a demonstração foi realizada na segunda oficina junto com o experimento de refração e reflexão total da luz.

Após todas as atividades, as concepções sobre as fibras ópticas tiveram algumas alterações. Diferente da primeira vez, nenhum aluno indicou não saber do que se tratava o termo, porém no lugar dos indicativos para cabeamento de internet, surgiram mais respostas com as características físicas das fibras ópticas e somente dois alunos mencionaram explicitamente a utilização para pesquisa. Contudo, somando as respostas que indicaram as fibras não mais como cabos subterrâneos e sim como meios de transporte para luz e cabeamento para internet, é possível afirmar que os alunos identificaram a utilidade das fibras dentro de sua aplicação. Sobre a linguagem científica, quando mencionaram a

⁶ A Lei de Snell estabelece uma relação entre os ângulos de incidência e de refração com os índices de refração dos meios 1 e 2, respectivamente.

composição da fibra óptica, citaram areia, vidro e sílica, aparentando não conhecer as distinções entre esses elementos.

Para esses resultados é possível observar que o questionário, aqui utilizado como instrumento de análise, era abrangente por ser constituído de questões abertas que permitiam uma infinidade de possibilidades para as respostas. Isso associado ao fato de ainda não terem estudado os assuntos na escola, pode ter instigado os alunos a responder o que viesse a cabeça no momento. Dessa maneira, entende-se que o questionário foi um instrumento limitado para investigar e aprofundar as informações desejadas.

A evolução do conteúdo tomando como referência os Três Momentos Pedagógicos se mostrou eficiente, pois através do método descrito nessa abordagem os alunos conseguiram construir por etapas as concepções relacionadas ao objeto de estudo. Quanto a Transposição Didática, os alunos tiveram um pouco de dificuldade com o vocabulário científico e isso pode indicar que para o professor mediar as relações e interpretações necessárias precisa ter um domínio de conteúdo sólido. Por outro lado, mostrou que os alunos podem sim ter acesso a Esfera do Saber Sábio desde que acompanhados no processo de interpretação.

Com a prática de refração um dos alunos escreveu em seu diário: “ (o experimento) foi interessante, pois tiramos a prova real da teoria na prática”. Essa frase é significativa no que diz respeito à análise fenomenológica dos conceitos físicos e para a óptica geométrica essa percepção é essencial para identificar o fenômeno físico em eventos cotidianos.

Após a prática foi solicitado aos alunos que indicassem uma outra situação em que observaram o fenômeno de refração. O exemplo citado foi um objeto em um copo com água em que o ar seria o primeiro meio e a água o segundo.

Os alunos tinham contato com a pesquisadora por redes sociais por conta do cronograma das atividades e no dia após à prática um dos alunos enviou uma foto da luz solar refratada pelo vidro da porta dos fundos de sua casa com a seguinte mensagem: “Está em todo lugar! (Rostinhos apavorados) ”. Esse reconhecimento explícito de um dos alunos fora do ambiente da sala de aula aponta que o objetivo geral da proposta aqui apresentada estava fornecendo os resultados esperados.

De modo geral e em síntese, é possível dizer que, após todas as atividades realizadas durante o primeiro e o segundo encontro, os alunos conseguiram entender o funcionamento de uma fibra óptica e os fenômenos físicos relacionados a esse objeto. Mas, para além disso,

os alunos ampliaram o espectro de seus repertórios de explicações e, extrapolando as paredes da sala de aula, conseguiram encontrar aplicações para os fenômenos estudados nas manifestações vivenciadas em seus cotidianos.

Ao responderem o mesmo questionário inicial após a realização de todas as atividades, percebeu-se que houve um deslocamento das respostas na direção de um discurso científico mais aprofundado e embasado teoricamente, porém em alguns aspectos ainda sem o vocabulário científico adequado. Às respostas que antes se restringiam ao saber para que são usadas as fibras ópticas, foram incorporadas as explicações científicas dos fenômenos

4.1.3.2 Oficina 3

Esta oficina foi a que mais exigiu abstração por parte dos alunos pelo fato de não ser possível enxergar ondas eletromagnéticas. Foi abordada também a discussão sobre a dualidade onda-partícula, pois os dispositivos eletrônicos funcionam baseados nesses comportamentos. Em seguida, a professora estabeleceu uma discussão sobre o significado que Schrödinger propôs com a questão do gato em uma caixa fechada com o elemento químico. Essa analogia permite entender o comportamento de partículas submetidas a barreiras de potencial e o fenômeno de tunelamento (que é quando a partícula “atravessa” a barreira de potencial). Para os dispositivos eletrônicos a partícula em questão costuma ser o elétron, então esse foi um dos momentos em que os alunos mais participaram, pois também exigia abstração para imaginar os poços de potenciais para as partículas.

Quanto ao uso das simulações, através delas foi possível aprofundar os princípios de funcionamento do *laser*. Para estimular as discussões, assim como ampliar as possibilidades de problemas e analogias do uso dos *lasers*, os alunos foram autorizados a acessar na internet resultados da pesquisa sobre o tema. Assim, foram acrescentadas as discussões tópicos relacionados a aplicações do laser para depilação, cirurgias, pesquisas e “brinquedos”.

Após todas as atividades, as respostas ao questionário proposto no início do encontro mudaram bastante. Em todas as respostas para as questões referentes aos conteúdos abordados (questões quatro e cinco), os alunos conseguiram identificar que interferência e difração são fenômenos ondulatórios. Algumas das respostas são apresentadas a seguir:

“(difração) São ondas eletromagnéticas que interagem com um meio material e geram interferência” (A5)

“(difração) é a passagem de uma onda por uma barreira gerando interferência” (A9)

“Interferência é uma coisa que acontece com ondas, em que há padrões de máximos e mínimos”(A6)

“(difração) é uma onda que interage com meio material e gera o fenômeno de interferência” (A7)

“Interferência é um padrão de intensidade constituída de máximos e mínimos” (A8)

Embora as respostas ainda não estivessem totalmente completas e corretas, percebeu-se que os alunos adquiriram um vocabulário um pouco mais próximo da linguagem científica. Mesmo que ainda as respostas não fossem ideais, eles conseguiram identificar os fenômenos ondulatórios com as suas respectivas categorizações no campo da Física. Interferência e difração são conceitos difíceis de diferenciar, porém Feynman em uma de suas palestras (s.d.) fez um comentário sobre essa distinção colocando a difração como o fenômeno em que as ondas interagem com obstáculos e a interferência como interações onda-onda.

Um momento de descontração dessa aula foi quando os alunos perguntaram se o tremor de terra era um tipo de interferência e como se dava a análise para determinar se há um terremoto ou não. Para discutir esse assunto foi necessária uma revisão de movimentos terrestres (precessão, nutação, rotação e translação) que foi representado fisicamente pela professora e os alunos em uma simulação do sistema solar. Além disso, foram revisados também alguns elementos de geografia, pois cada tipo de abalo sísmico é gerado por um movimento de placas distinto. Após essas representações os alunos identificaram a distinção de interferência e ressonância, assim como a relação delas com a frequência.

4.1.3.3 Oficina 4

Após o término das atividades do quarto encontro os resultados da análise do questionário mostraram que os alunos tiveram uma boa base teórica para construir as novas respostas sobre o que é um laser. Algumas delas estão transcritas a seguir:

“É uma luz que sai de um certo aparelho, sendo que há mais de um tipo de meio ativo e os primeiros eram constituídos de material prejudicial” (A16)

“É uma luz com energia controlada que pode ser aplicada para cortes dependendo da intensidade e especificações” (A17)

“Laser é um instrumento que utiliza, geralmente, gás como meio ativo e produz um feixe de luz que pouco se dispersa” (A18)

As respostas aqui se mostraram muito mais sofisticadas e os alunos apresentaram concepções referentes a meio ativo e coerência. Alguns também mencionaram as aplicações discutidas e essa foi uma maneira de identificar os conceitos físicos em elementos do cotidiano que são discutidos com frequência nas mídias sociais, como é o caso das cirurgias com *laser* e a depilação.

4.2 Resultados e discussões da oficina 5

Foi nesta última oficina que os alunos tiveram sua visita ao laboratório de pesquisa FOTON. Infelizmente a experiência com espectroscopia que deveria ter sido realizada em outro laboratório não pode ser executada por um imprevisto, porém os alunos puderam ter uma noção de espaço, equipamentos e aparelhos, perfil de pesquisadores, custos, organização e aparência de um ambiente de pesquisa científica.

Os alunos foram divididos em grupos de quatro e cinco integrantes. Enquanto um grupo realizava a visita ao laboratório, os outros permaneceram em sala para construir o produto final de todos os dias de trabalho. Foi solicitado a cada grupo uma produção audiovisual que mostrava e demonstrava cada montagem dos aparatos experimentais utilizadas nas oficinas anteriores e as explicações para cada um dos fenômenos que podiam ser observados.

Foi neste último encontro, após o término das atividades e das visitas, que os alunos realizaram o pós teste, cujos resultados apareceram nos itens anteriores ao serem apresentadas as respostas depois das atividades para cada tema. As respostas mostraram uma evolução no que diz respeito ao embasamento teórico e também no campo de conhecimento da óptica tanto em relação aos fenômenos quanto a pesquisa, pois os alunos

enviaram mensagens com fotos de efeitos de difração, com dúvidas acerca das aplicações da pesquisa no campo da fotônica. E mais importante, saíram satisfeitos por aprenderem um pouco da dinâmica de explorar os fenômenos físicos e não somente resolver problemas sem contextualização.

Um dos momentos mais interessantes desse último encontro foi quando os próprios alunos citaram que para análise do fenômeno de refração e para determinar os índices de refração só seria possível com a utilização de ferramentas matemáticas, pois somente com o estudo conceitual do fenômeno isto não seria possível.

Outro momento marcante foi a sensação de surpresa dos alunos ao chegarem no laboratório e se depararem com o tamanho dos *lasers* excímeros. Percebeu-se que eles esperavam algo menor, visto que nos experimentos em sala foram utilizados os *lasers* points, um de diodo e outro de He-Ne. Além do tamanho do *laser*, a montagem e alinhamento crítico das mesas óticas, as bobinas de fibras ópticas disponíveis para serem utilizadas no âmbito da pesquisa e também o aparato de instrumentos para análises químicas e instrumentos de sensibilização e caracterização foram detalhes que impressionaram os alunos.

Os vídeos ficaram excelentes, pois cada grupo realizou sua produção com uma abordagem distinta. Um deles simulou um cientista, enquanto outro fez alguns novos testes na configuração para reflexão (mudou a posição do espelho no goniômetro para analisar os ângulos e colocaram mais de um feixe de luz interagindo), e isso fez com que tivessem dificuldades nas explicações para as interações. Outro grupo fez algo bem divertido, no estilo de divulgação científica, colocaram dois pesquisadores representados pelos alunos e na explanação ficaram faltando alguns termos importantes, como mencionar que os ângulos e a normal são coplanares, para solucionar esse problema incluíram pequenas tomadas de correção como se fossem plantões de notícias. Ao final deste projeto não só a pesquisadora, mas a turma também era outra, pois foi um aprendizado mútuo durante todo o processo.

4.3 Resultados e discussões à luz da Transposição Didática

Dentro do que foi proposto e dos resultados obtidos nas oficinas 1 e 2, pode-se afirmar que a partir da utilização do resumo do artigo produzido por pesquisadores do laboratório FOTON, foram verificadas todas as regras da Transposição Didática

(modernização, atualização, articulação, transformação em problemas e exercícios e tornar-se um conhecimento mais compreensível).

Para as duas primeiras oficinas, o conteúdo que constava nos documentos que constituem o currículo foi modernizado e atualizado segundo as regras da Transposição Didática propostas por Altolfi (1997). Isso porque a fibra óptica utilizada na problematização é um dispositivo cujo funcionamento depende dos conceitos abordados no currículo e ao mesmo tempo aborda discussões de conteúdos mais atuais, como por exemplo as maneiras de explorar os fenômenos ópticos através do sensoramento.

Os saberes foram articulados, seguindo a terceira regra, por meio de relações com objetos e dispositivos que dependiam do processo que a fibra óptica realiza (internet e sensoramento por medida de índice de refração) e os conceitos físicos necessários para compreendê-los.

A transformação em problemas, quarta regra, foi realizada em todos os encontros por meio do manuseio dos conjuntos experimentais, pois os alunos deveriam determinar ângulos, obter diferentes intensidades luminosas e suas respectivas explanações para manifestação do fenômeno físico em outros exemplos, como foi o caso da refração e difração.

Os conhecimentos tornaram-se mais compreensíveis, cumprindo a quinta regra, pois para articular e resolver os problemas e exercícios os alunos precisaram ter domínio de conteúdo e com isso ganharam base para explicar e assim compreender cada conhecimento envolvido nos processos.

Na terceira oficina, ficou nítida a relação dos saberes “antigos” com os “novos” (terceira regra da Transposição Didática) ao discutir a questão da interferência e a difração associada tanto aos sinais de televisão, quanto das ondas sonoras difratadas.

No quarto encontro foi necessário a utilização da internet para aplicar o conceito como problema, conforme indica a quarta regra da transposição. Foi em cima das discussões acerca do quão prejudicial é o uso dos *lasers* em determinadas áreas que os alunos compreenderam e apreenderam os conceitos de meio ativo e sua composição relacionada aos níveis de energia com suas respectivas bandas.

Com isso e tomando como referência todos os temas e conteúdos abordados, dentro da teoria da Transposição Didática foi possível interpretar que as cinco regras foram cumpridas proporcionando aos alunos ganhos ao serem inseridos no âmbito das três esferas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como professora e pesquisadora, entendo que pensar nos problemas que são dispostos todos os dias em sala de aula e buscar propostas para solucioná-los faz parte da profissão. Este trabalho enquadra-se como uma proposta de ensino para turmas que apresentam baixo desempenho na disciplina e também as que são constituídas de alunos que apresentam dificuldade para identificar relações dos conteúdos da disciplina com seu cotidiano.

A proposta principal deste trabalho foi auxiliar os alunos a terem uma visão diferente da Física. A óptica é um conteúdo sempre presente, pois está enraizado na cultura escolar, porém isso nem sempre é um benefício. Talvez, por conta disso mesmo é que sua abordagem tenha caído em uma rotina que têm utilizado os mesmos exemplos, as mesmas técnicas e abordagens didáticas, assim o conhecimento novo não tem sido agregado e incorporado quando se fala do antigo. Essa observação não fica restrita a óptica e é só passar um semestre fazendo observações de uma sala de aula, como os alunos da licenciatura fazem em estágio, que isso se mostra nítido. Através das atividades desenvolvidas nas oficinas, os alunos tiveram uma perspectiva diferente não só da disciplina, mas de mundo, pois chegou a eles o contato com a produção científica. Por mais que o Brasil não seja uma grande referência no âmbito da pesquisa, seja por falta de recurso ou estrutura, ainda temos quem trabalhe bem mesmo com poucos recursos. Esses trabalhos merecem ser destacados e precisam ser conhecidos pela comunidade.

A Transposição Didática, analisada a partir das regras elaboradas por Astolfi (1997), se torna um instrumento importante para relacionar conteúdo e incentivar os alunos a adquirir interesse, mesmo que pouco intenso, para a compreensão do seu cotidiano e das atribuições da ciência. É claro, para isso é necessário delimitar mais caminhos, como aqui foi feito com auxílio dos Três Momentos Pedagógicos e do Trabalho por Projetos.

Não é fácil contextualizar e atualizar o saber escolar, isso demanda um conhecimento no mínimo básico de muitas outras áreas e é por isso que o professor deve estar sempre renovando e acompanhando o que tem sido feito de novo. Outro resultado interessante foi observado na distinção de interferência e ressonância, o que exigiu um conhecimento básico de geografia e geopolítica para sustentar as discussões. Nesse momento os alunos tiveram

uma noção da articulação entre disciplinas que nem sempre apresentam relações nítidas entre si.

Pensar no desenvolvimento das oficinas de modo que uma fosse independente da outra foi interessante para os alunos que tiveram problemas e precisaram faltar, mas como mais de 90% da turma acompanhou todas as atividades, nas revisões eles faziam analogias com o que já havia sido trabalhado. Ficaram surpresos com os *lasers* verdes, por exemplo, porque estavam acostumados com os vermelhos. Em cada revisão era audível um “Ahhh, agora entendi”, porque tiveram tempo de amadurecer as ideias. Este é um indício que as revisões no início de qualquer atividade similares as aqui discutidas são formas de colocar o sistema cognitivo dos alunos para trabalhar.

Alguns dos alunos que participaram deste projeto e odiavam a disciplina, assim como não viam importância ou significado no seu estudo, após o término tiveram suas concepções alteradas. Isso foi um ganho imenso, pois continuei acompanhando a turma na disciplina de estágio e o interesse deles pela disciplina foi nítido. Até os alunos que costumavam “gazejar” aula passaram a entrar em sala para assistir a aula, sendo sempre participativos.

Foi percebido que ao planejar atividades diferentes com intuito de ensinar os alunos algo novo ou mesmo explorar seus conhecimentos prévios, quando eles não respondem como o planejado, é imprescindível que o professor respeite o tempo do aluno e seu desenvolvimento. Entende-se que se o custo para isso for o sacrifício de uma atividade com a utilização de menos recursos ou mesmo alguns minutos a mais para tirar uma dúvida, deve ser pago se o contexto permitir, como aconteceu para a primeira oficina. Os projetos, planejamentos e cronogramas são de suma importância dentro das atribuições do professor, mas não deve ser mais importante que a aprendizagem e desenvolvimento dos alunos. Sem eles não é necessário planejar e de acordo com a abordagem por projetos o desenvolvimento dessas atividades deve estar centrado neles, por isso de nada adianta um projeto excelente e cheio de referenciais que corroboram com suas percepções se o aluno é negligenciado nesse processo.

Uma das limitações percebidas foi em relação ao questionário, que não permitiu aprofundar questões que buscavam esclarecer pontos específicos e direcionamentos que os alunos indicaram em suas respostas para cada conteúdo.

Uma sugestão para futuras pesquisas é melhorar o instrumento de coleta de dados, visando analisar pontos característicos das concepções prévias dos alunos. Outra possibilidade é fazer entrevistas com os participantes para aprofundar o entendimento de questões respondidas superficialmente nos questionários.

Outra linha de pesquisa que pode ser dada a partir dos resultados desses encontros é sobre a reação dos alunos, suas dificuldades e facilidades quando estudam um artigo científico no âmbito da esfera do Saber Sábio. Também pode ser realizada a leitura de uma série de artigos e acompanhar o desempenho deles após manter essa atividade por um tempo mais longo, por exemplo alguns meses, isso articulando com os livros didáticos, que não foram discutidos aqui, mas são muito importantes no processo de transposição.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. Trabalho de projeto e aprendizagem da matemática. Rio de Janeiro: MEM/USU – GEPEM, 1995. (Avaliação da educação matemática).

ASTOLFI, J.P et al. **Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques Pédagogiques.** De Boeck & Larcier S.A. Bruxelles/Belgique. 1997.

BECKER, Fernando. **Epistemologia subjacente ao trabalho docente.** Porto Alegre:FACED/UFRGS, 1992. 387p. (Apoio INEP/CNPQ). (No prelo: VOZES). (Relatório de pesquisa).

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília: MEC/SEF, 1996. Disponível em: . Acesso em: 25 de abr. 2016.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2000 .*

BROCKINGTON, Guilherme.;PIETROCOLA, Maurício. **Serão As Regras Da Transposição Didática Aplicáveis Aos Conceitos De Física Moderna?**. Disponível em <www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID136/v10_n3_a2005.pdf>. Acesso em: 03 set. 2016.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado** . 3. ed. Buenos Aires: Aique, 1997.

DELIZOICOV, D. Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné Bissau. 1982. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

ESPÍNDOLA, Karen. **A pedagogia de projetos como estratégia de ensino para alunos da educação de jovens e adultos : em busca de uma aprendizagem significativa em física.** 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5997>>. Acesso em: 19 maio 2017.

HERNANDEZ, Fernando. **Transgressão e Mudança na Educação: Os Projetos de Trabalho.** Tradução Jussara Haubert Rodrigues. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

KRAPAS, Sonia. Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 564-600, jan. 2011. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n3p564>>. Acesso em: 26 jun. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n3p564>.

LEVINE, David. **A Milwaukee Story: The Project Method Versus the Stubborn "Grammar" of Schooling**. Disponível em:

<[https://www.unc.edu/courses/2007spring/educ/274/001/Project Method.pdf](https://www.unc.edu/courses/2007spring/educ/274/001/Project%20Method.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2017.

MARRONE, Jayme Jr.; TREVISAN, Rute Helena. Um perfil da pesquisa em ensino de Astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 26, n. 3, p. 547-574, nov. 2009. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p547>>. Acesso em: 16 maio 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n3p547>.

MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, Marco Antônio. Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014.

MOREIRA, M. A.. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, Sept. 2014.

NEVES, Késia Caroline Ramires Neves; BARROS, Rui Marcos de Oliveira. **Diferentes Olhares Acerca da Transposição Didática**. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID256/v16_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 03 set. 2016.

PINHEIRO, Luciana Madsen. **Pedagogia de Projetos**. Rio de Janeiro: Clube de Autores, 2015. 84 p.

PINHO ALVES, José Filho. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 448 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PINHO ALVES, José Filho. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, jan. 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9006>>. Acesso em: 03 set. 2016.

SILVA, Luciana Pereira; TAVARES, Helenice Maria. "Pedagogia de projetos: inovação no campo educacional." **Revista Católica**. Uberlândia, v. 2, n. 3, p. 236-245, 2010.

SILVA, Fabio W.O. da. A teoria da luz de Newton nos textos de Young. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1601.1-1601.8, Apr. 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-

11172009000100010&lng=en&nrm=iso>. access on 26 June 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172009000100010>.

The following text was originally published by PROSPECTS: the quarterly review of comparative education (Paris, UNESCO: International Bureau of Education), vol. XXVII, no. 3, September 1997, p. 470-85

URBAN Ana Claudia; MAIA Christiane Martinatti; SCHEIBEL Maria Fani;. **Didática : organização do trabalho pedagógico**. Curitiba : IESDE Brasil S.A., 2009

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, _____ anos, estado civil _____, residente na _____ n° _____ bairro _____, RG _____,

estou sendo convidado a participar de um estudo denominado **A Ótica não está morta: uma oficina sobre aplicações e conceitos**, cujo objetivo geral é estimular os alunos do nível médio a conhecer e aprender a identificar elementos da ótica nos desenvolvimentos tecnológicos da era contemporânea. Um dos maiores questionamentos entre os alunos de nível médio é a utilidade do que se aprende em sala de aula e a oficina é uma oportunidade de esclarecer esse tópico, além de proporcionar aos estudantes a chance de entrar em contato com alunos de pós-graduação e com profissionais da maior sociedade de ótica do continente.

A minha participação no referido estudo será no sentido de realizar as atividades da oficina que incluem assistir à exposição dos conceitos físicos, realizar experimentos de física sobre os assuntos abordados, registrar minha opinião e fazer observações de forma oral e escrita.

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: oportunidade de conhecer membros das duas instituições importantes no campo de pesquisa (Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a *The Optical Society*), conhecer um laboratório de pesquisa aplicada em Física, conseguir identificar conceitos físicos no cotidiano, explicar o funcionamento de transmissão de dados pela internet, analisar a influência de demandas sociais no desenvolvimento científico e tecnológico e também informações para melhorar minha posição de cidadão, aluno e profissional.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem qualquer justificativa. Foi-me esclarecido, igualmente, que eu posso optar por métodos alternativos, que consiste em uma atividade similar para a obtenção da nota.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Juliana Thaler (UTFPR- Departamento de Física), Álvaro Emílio Leite (UTFPR- Departamento de Física) e com eles

poderei manter contato pelo telefone (41)3310-4641.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Curitiba, de Abril de 2017.

(assinatura do sujeito da pesquisa)

(nome, assinatura e RG do representante legal do sujeito da pesquisa - anexar documento que comprove parentesco/tutela/curatela)

(assinatura do pesquisador responsável)

ANEXO B – DECLARAÇÃO PARA SUPERVISORES DE ESTÁGIO E CHEFES

DECLARAÇÃO

Os alunos do 2º ano A do Colégio Estadual Dr. Xavier da Silva foram selecionados para participar de uma oficina de Ensino de Física, cujo tema é Ótica Física na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). **Esta atividade fará parte da composição da avaliação na disciplina de Física totalizando 1 (um) ponto na média final do bimestre.** Dessa maneira **a participação de todos os alunos é de suma importância.**

As atividades serão realizadas no período vespertino (contra turno da turma) nos dias **06.04.2017, 20.04.2017, 27.04.2017, 04.05.2017 e 11.05.2017, das 13h às 15h.** Todas as datas são na quinta-feira e haverá emissão de declaração de presença para ser entregue aos supervisores de estágio e responsáveis de RH aos alunos estagiários e/ou funcionários.

Devido à importância desta atividade para formação dos alunos, gostaríamos de solicitar, por gentileza, que o aluno (a) _____ seja dispensado de suas atividades do estágio e/ou emprego nas datas e horário mencionados no parágrafo anterior, mediante apresentação das declarações de presença emitidas nas datas indicadas após sua realização.

Atenciosamente

Grupo de Pesquisa e Estudo em Ensino de Física – (GEPEF)

Departamento de Física – UTFPR

Tel. (41) 3310-4641

Juliana Thaler

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE PRESENÇA PARA ALUNOS COM EMPREGO OU ESTAGIÁRIOS

DECLARAÇÃO

Venho por meio desta declarar que o aluno (a) _____ do 2ºA do Colégio Estadual Dr. Xavier da Silva participou da Oficina de Ótica Física realizada no Departamento de Física (DAFIS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) na data de ____ de _____ de 2017, quinta-feira, das 13h às 15h.

Atenciosamente

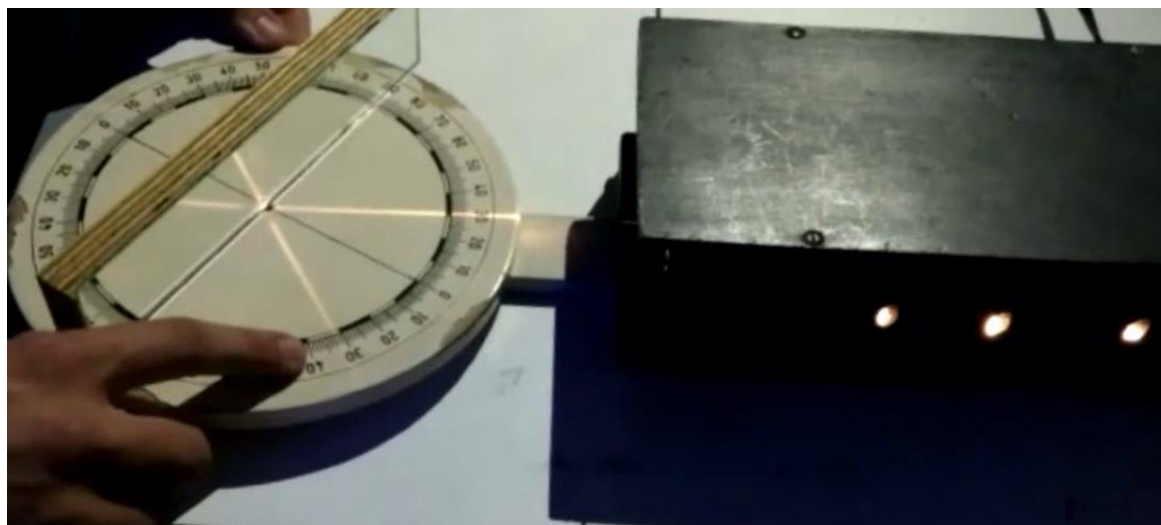
Grupo de Pesquisa e Estudo em Ensino de Física – (GEPEF)

Departamento de Física – UTFPR

Tel. (41) 3310-4641

Juliana Thaler

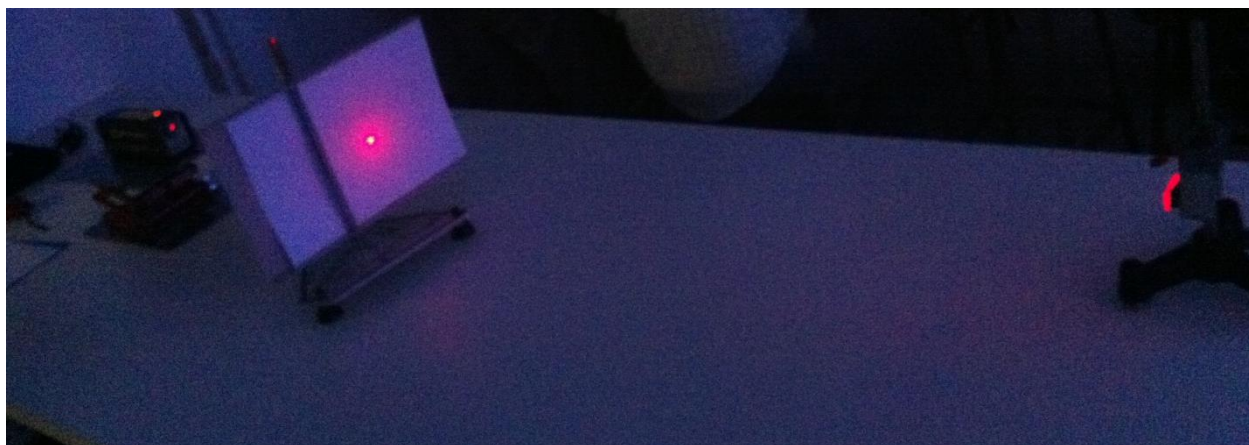
ANEXO D – CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL PARA FENÔMENOS DE REFLEXÃO E REFRAÇÃO



- Goniômetro
- Fonte
- Suporte
- Espelho/acrílico

ANEXO E – CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL PARA FENÔMENOS DE INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO

- *Laser He-Ne;*
- *Papel sulfite A4;*
- Talco;
- Suporte metálico para espelho;
- Anteparo.



APÊNDICES

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO UTILIZADO COMO UM DOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Questão 1. Você considera a disciplina de Física importante? Por quê?

Questão 2. Você gosta da disciplina de Física? Justifique.

Questão 3. Descreva o que sabe sobre fibras ópticas.

Questão 4. Descreva o que sabe sobre interferência.

Questão 5. Descreva o que sabe sobre difração.

Questão 6. Descreva o que sabe sobre lasers.

Questão 7. O que é uma boa aula para você?