

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

PERSPECTIVAS SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE LUZ
E SUA INTEGRAÇÃO COM A FOTOGRAFIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA

Patrese Coelho Vieira

Porto Alegre
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

PERSPECTIVAS SOBRE A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE LUZ
E SUA INTEGRAÇÃO COM A FOTOGRAFIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA¹

Patrese Coelho Vieira

Dissertação realizada sob a orientação da Prof.^a Dra. Neusa Teresinha Massoni e coorientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre
2014

¹ Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Sumário

Resumo	04
Abstract	05
1. Introdução	06
1.1. Considerações Iniciais	06
1.2. Transformações Científicas e Sociais e as Constâncias do Ensino de Física . . .	07
1.3. Subsídios para o Ensino da Óptica: o Papel da História da Luz e da Fotografia . .	09
1.4. Definição do Problema de Pesquisa.	12
1.5. Justificativa.	12
2. Revisão da Literatura	15
3. Fundamentação Teórico-Epistemológica.	28
3.1. Subsídios do Construtivismo.	28
3.2. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.	29
3.3. Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.	34
3.4. Anarquismo Epistemológico de Feyerabend.	39
4. Procedimentos Metodológicos	45
4.1. Estrutura do Projeto de Pesquisa	45
4.2. Caracterização do Material Didático	48
4.3. Delineamento da Pesquisa	50
5. Estudo Preliminar	54
5.1. Introdução	54
5.2. Relatos das Atividades em Campo.	55
5.3. Análise Qualitativa do Estudo Preliminar.	112
5.4. Análise Quantitativa do Estudo Preliminar.	122
6. Estudo Complementar.	136
6.1. Introdução.	136
6.2. Relatos das Atividades em Campo.	137
6.3. Análise Qualitativa do Estudo Complementar.	185
6.4. Análise Quantitativa do Estudo Complementar.	197
7. Considerações Finais	210
8. Referências Bibliográficas	218
Apêndice I.	223
Apêndice II.	224
Apêndice III.	227
Apêndice IV.	228

Resumo

A presente dissertação pretende mostrar o desenvolvimento, a execução, a análise e as conclusões provenientes de uma pesquisa de mestrado em Ensino de Física, cuja finalidade esteve em avaliar o impacto de uma abordagem histórica e do emprego da fotografia no ensino de Óptica para o Ensino Médio. Para tal, foi elaborado e aplicado a um grupo de estudantes um minicurso que tratou da evolução histórica do conceito de luz, discutiu tópicos próprios da Óptica, tais como reflexão e refração, e inseriu pontos da Física Moderna e Contemporânea, como a dualidade onda-partícula para a luz e o efeito fotoelétrico. O minicurso também contou com o uso da fotografia *pinhole* e de câmeras fotográficas digitais por parte dos discentes, visando contextualizar os conteúdos e motivar os alunos para o estudo da Física. Para fins de avaliação da proposta, houve o acompanhamento simultâneo de uma turma de controle, a qual também se ateve ao estudo da Óptica, porém seguiu um ponto de vista tradicional de ensino, sem qualquer discussão histórica e uso de recursos fotográficos. A pesquisa envolveu duas aplicações: a primeira no ano de 2012, em formato de Estudo Preliminar, e outra em 2013, como um Estudo Complementar. A análise qualitativa, complementada por estatística descritiva, indicou que as turmas experimentais apresentaram ganhos de aprendizagem em relação às turmas de controle, ainda que modestos, e que o minicurso representa, em relação à abordagem tradicional, um avanço no sentido de proporcionar um ambiente propício à criticidade.

palavras-chave: História da Ciência, Fotografia, Ensino de Óptica.

Abstract

This dissertation aims to show the development, execution, analysis and conclusions from a masters research in Physics Teaching, whose purpose was to assess what impact the historical approach and the use of photography could pass to the Optics teaching for High School. For that, it was elaborated and applied to a group of students a minicourse, that reported the historical evolution of the concept of light, discussing topics of Optics, such as reflection and refraction, and inserting points of Modern and Contemporary Physics, such as duality wave-particle to the light and the photoelectric effect. The same minicourse also included the use of pinhole photography and digital cameras by students, seeking to contextualize the content and motivate students to study physics. For evaluation of the proposal, there was simultaneous monitoring of a control group, which also adhered to the study of Optics, but followed a traditional view of education, without any historical discussion and use of photographic resources. The research involved two applications: the first in 2012, in the Preliminary Study format, and another in 2013, as a Complementary Study. The qualitative analysis, complemented by descriptive statistics, indicated that the experimental groups showed learning gains compared to the control groups, although modest, and that the short course, in comparison to the traditional approach, represents a breakthrough in providing an environment conducive to critical.

keywords : History of Science, Photography, Optics Teaching.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O compromisso com o Ensino de Física depende continuamente do desprendimento daqueles que ainda se dedicam a essa área, sobretudo no que tange o Ensino Básico. No Rio Grande do Sul, por exemplo, as escolas pertencentes à rede pública estadual de ensino estão submetidas à implantação de um novo modelo de Ensino Médio (RIO GRANDE DO SUL, 2011), atualmente em curso, que altera significativamente a abordagem dada ao ensino dessa ciência. Concomitantemente, a diminuição da carga horária, de três para dois ou somente um período semanal em cada ano, e a acentuada redução da autonomia para a avaliação são outros fatores que desestimulam o exercício docente.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ Ensino Médio – (BRASIL, 2002) sugerem que a Física, enquanto componente curricular, se pautar pela construção de um conjunto de competências e habilidades associadas aos seguintes itens, com vistas à formação de jovens solidários e atuantes: *(i) Representação e Comunicação; (ii) Investigação e Compreensão; (iii) Contextualização Sociocultural.*

Cabe, portanto, a reflexão: como um docente, com menos de duas horas semanais, poderia lidar satisfatoriamente com todos os aspectos supracitados? Em um movimento contrário, não deveria ocorrer um incremento da carga horária, ao invés de sua redução?

Esperançosamente, um tempo maior dedicado ao ensino da Física elevaria seu grau de sucesso. Todavia, é necessário adaptar-se a presente normatização enquanto a mesma vigora. O caráter multifacetado da Física, com componentes conceituais, matemáticos, sociais, filosóficos, históricos e tecnológicos, dentre outros, regula-se com as competências sugeridas, contudo sua distribuição não se dá de maneira igualitária no Ensino Médio.

Tradicionalmente é dado maior destaque à abordagem matemática, em detrimento ao domínio conceitual. Essa prática sabidamente resulta em uma compreensão deficitária em ambas as áreas, pois o discente não consegue correlacioná-las, justamente pelo elevado grau de abstração quando desacompanhado de qualquer situação reflexiva.

Alerta-se que em hipótese alguma se deseja transmitir levianamente a ideia de que a Matemática seja um empecilho ao ensino da Física. Pelo contrário, ela provê um conhecimento hoje indissociável do desenvolvimento científico. A crítica se dá sobre o foco excessivo ainda presente nos currículos escolares, o qual alicerça um estereótipo da Física, limitada a uma tradição formativa que visa tão somente a preparação para concursos classificatórios, como vestibulares ou o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Portanto, faz-se necessário abordar a Física tomando proveito de suas potencialidades, não puramente como treinamento de exercícios algébricos, descontextualizados da representação dos conceitos físicos, de sua evolução histórica ou do cotidiano dos estudantes.

Esperar que nossos estudantes incorporem naturalmente a Matemática ao pensamento físico é desconsiderar o esforço de gerações de cientistas que tornaram isso possível. Procedendo desta maneira, corre-se o risco de permitir que concepções ingênuas sobre a relação Matemática-Física se instalem no processo de ensino-aprendizagem, outorgando à primeira o papel de apenas descrever um mundo físico inerentemente organizado. (PIETROCOLA, 2010, p.85)

De maneira abrangente, o presente trabalho apresenta uma proposta alternativa, embora não original, no que concerne a construção da aprendizagem formal em Física para o Ensino Médio, que busca contemplar suas características essenciais de modo proporcional e despertar o questionamento de sua imagem social equivocada.

1.2 TRANSFORMAÇÕES CIENTÍFICAS E SOCIAIS E AS CONSTÂNCIAS DO ENSINO DE FÍSICA

Os construtos científicos e os decorrentes avanços tecnológicos do último século foram cruciais para a transformação de nossa sociedade. Marcos científicos compreendidos entre o final do século XIX e o início do século XX, como a distinção das primeiras partículas subatômicas, o entendimento do Efeito Fotoelétrico, a elaboração da Teoria da Relatividade e o desenvolvimento da Mecânica Quântica, modificaram acentuadamente não apenas a Física

no período, mas também repercutiram em diferentes campos, como a Filosofia, a Engenharia e as Ciências Sociais, entre outros.

Esse rol de conhecimentos que constitui o que hoje denominamos Física Moderna e Contemporânea (FMC), apesar de ter iniciado sua expansão há cerca de um século, costuma passar despercebido ou, como sucede em múltiplos casos, é preocupantemente negligenciado durante o Ensino Médio.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999) – sugerem uma necessária atualização curricular na Educação Básica com a inserção de tópicos da FMC. A literatura proporciona obras que o fazem (*e.g.*, HEWITT, 2009; PIETROCOLA *et al.*, 2010), porém o currículo de muitas escolas privilegia a Física construída prioritariamente entre os séculos XVI e XIX, em virtude da tradição ou da adequação aos exames classificatórios para o ensino superior, o que limita seus estudantes a terem contato com um conhecimento produzido somente nesse período, contribuindo para propagar a concepção inadequada de que a Física trata de conceitos fixos e imutáveis e que as teorias não se renovam.

Outro ponto relevante é que a FMC é de suma importância para uma compreensão apropriada do funcionamento de diferentes equipamentos atuais, sobretudo os eletrônicos, que integram o cotidiano de jovens de diferentes realidades sociais, tais como os telefones celulares, os tocadores de arquivos de músicas digitais e os *modems* de acesso à *internet*.

Em contrapartida, introduzir uma área do conhecimento relativamente recente em sala de aula pode esbarrar em dificuldades, principalmente no que diz respeito à abordagem e ao manejo desses tópicos, desconhecidos ou pouco familiares a uma gama de professores.

Contudo, essa adequação pode se dar através da afinidade com tópicos da Física Clássica. A Óptica pode ser um estopim para uma parcela dessa adaptação curricular. Por conseguinte, propiciaria uma vantajosa maneira de introduzir a FMC à realidade escolar (HECKLER, 2009).

Usualmente relegada ao final do ano letivo, seja no segundo ou no terceiro ano, a Óptica tem suas potencialidades didáticas subaproveitadas no Ensino Médio. Com frequência permanece restrita à Óptica Geométrica, tratando exclusivamente de raios luminosos e formações de imagens, conceitos pouco atraentes aos alunos quando abordados da forma habitual, perpetrando o ostracismo em exercícios com régua e compasso, que certamente

possuem sua relevância, mas que provavelmente não representam uma maneira motivadora para propiciar uma aprendizagem significativa desses conceitos.

Assim, torna-se indispensável refletir tanto na transformação curricular do ensino de Física para o Ensino Médio como em estratégias que sejam atrativas aos estudantes e que, concomitantemente, possam servir de subsídios aos professores de Física. É visando o enfrentamento dessas dificuldades que a presente proposta busca oferecer alternativas para a atuação em sala de aula do Ensino Médio.

1.3 SUBSÍDIOS PARA O ENSINO DA ÓPTICA: O PAPEL DA HISTÓRIA DO CONCEITO DE LUZ E DA FOTOGRAFIA

A investigação da evolução histórica do conceito de luz aponta que o mesmo foi modificado por diferentes vezes, assim como não exclui a possibilidade de futuras adaptações. Suas redefinições envolveram desde a descrição de um item misterioso imprescindível à visão até a intrincada definição de onda-partícula. Atualmente, está descrito através de características que compreendem sua natureza e as diferentes formas de interação com a matéria e suas consequências (BASSALO, 1986, 1987 e 1989; CARUSO e OGURI, 2006).

O desenvolvimento da Óptica é ilustrado por uma história, do ponto de vista ocidental, que permeia boa parte dos avanços tecnológicos alcançados pela humanidade. Entretanto, como posto anteriormente, sua abordagem no Ensino Médio dificilmente aproveita esses pressupostos históricos e epistemológicos.

O viés histórico, indissociavelmente acompanhado de um ponto de vista epistemológico, permite aos discentes construir uma visão menos ingênua sobre a natureza da ciência, no caso em questão, acompanhando a trajetória e as mudanças sofridas pelo conceito de luz.

A HFC [História e Filosofia da Ciência] pode contribuir para uma melhor caracterização de aspectos relativos à natureza da ciência, tais como: a relação entre ciência, tecnologia e sociedade; a percepção da ciência como atividade humana; e a falibilidade dos cientistas. (SILVA e MARTINS, 2010)

No tocante ao aspecto da desconstrução de visões ingênuas sobre a Física, entende-se que o uso da fotografia em sala de aula, em conjunto com a discussão de fenômenos ópticos, potencializa uma proposta integradora, capaz de oferecer a possibilidade de tornar o estudo dinâmico, significativo e interessante.

A história da fotografia relaciona-se ao estudo da evolução histórica do conceito de luz. Dessa forma, indica um cenário, um pano de fundo que ilustra desde os princípios mais básicos da Óptica Geométrica até fundamentos elementares da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Extrapolando essa relação, a história da fotografia também se alinha ao cotidiano, uma vez que fornece subsídios para a compreensão da popularização da fotografia digital, conforme se tem vivenciado na última década.

Essa discussão permite problematizar o quanto os avanços científicos costumam implicar em transformações sociais. O fato de hoje ser possível fotografar com diferentes equipamentos digitais, como câmeras e celulares, foi crucial para a massificação da fotografia. Como consequência, a disseminação da informação modificou-se. Acostumada a esperar pelo pronunciamento de órgãos de mídia tradicionais, a população agora experimenta um fluxo contrário, no qual telejornais ou portais de notícias incentivam a participação de seus espectadores ou leitores por meio de fotos ou vídeos, uma extensão dos recursos fotográficos, que por vezes desmentem informações anteriores, equivocadas ou controversas. Já as redes sociais permitem a seus usuários a inserção de diversas fotografias e mesmo a criação de diferentes álbuns, registrando e tornando pública um pouco de suas histórias pessoais.

Esses eventos históricos recentes deixaram suas marcas em diferentes setores da sociedade. Todavia as escolas, sobretudo as públicas, parecem diariamente mais distanciadas das expectativas despertadas por essas transformações. Não seria plausível pensar que as alterações sociais reveladas pela fotografia digital deixaram contribuições também ao ensino? Especificamente, essas transformações podem acarretar melhorias ao ensino de Física?

Um aspecto que emerge imediatamente é a relação de ingenuidade, ou mesmo de alienação, que as pessoas costumam desenvolver quanto ao funcionamento dos equipamentos eletrônicos, aqui em especial, das câmeras fotográficas. Nesses casos, são desconhecidos ou ignorados os princípios físicos envolvidos e os processos decorrentes, dando-se importância somente para sua finalidade. Uma câmera fotográfica digital serve para tirar fotos. Ponto. Essa postura é sintomática de uma população que padece de um

analfabetismo científico, fruto de décadas de falta de comprometimento, tanto das políticas públicas como a nível individual, para com a educação. Como em um elo de retroalimentação, tal atitude fomenta outras, como o consumo desenfreado, ao invés da conscientização e exigência de investimentos sólidos nos espaços escolares, por exemplo, o que suscita a urgência da reorganização dessa engrenagem.

Com relação à inclusão da fotografia na sala de aula de Física, há um número limitado de relatos na literatura, mas certamente há experiências (*e.g.*, SOUZA, NEVEZ e MURAMATSU, 2007; PEREIRA e VIEIRA, 2011). A fotografia, mesmo com a crescente democratização das câmeras digitais, lamentavelmente permanece pouco explorada enquanto recurso didático, expondo o desperdício de um meio para a expressão artística, não muito usual nas aulas de Física, o que equilibraria com o padrão pouco atraente para os estudantes de relatos escritos ou de resolução de exercícios.

Sabe-se que o interesse do alunado, principalmente dos adolescentes, pela Física é bastante baixo, com raras ressalvas. É necessário, de alguma forma, atrair sua atenção para as Ciências da Natureza, o que se mostra essencial para a redução do analfabetismo científico já apontado. Notoriamente, a educação básica nas escolas públicas passa por uma crise. A desmotivação em ensinar/aprender parece ter atingido ambos os lados, docentes e discentes, esgotados por diferentes motivos. Certamente há exceções, mas que, como prega o senso popular, parecem apenas corroborar a regra.

Se o cenário atual mostra que os modos tradicionais não mais auxiliam por completo, é necessário procurar por novas estratégias, mais integradoras e convidativas. O presente trabalho está, como já mencionado, inserido nessa linha de pesquisa. É nesse sentido que se acredita que a abordagem da evolução histórica do conceito de luz e o uso da fotografia podem colaborar, através de um conjunto de atitudes simples que visam contribuir para a melhoria do ensino de Física.

Assim, propõe-se um enfoque para o estudo da Óptica que integra aspectos sociais e históricos, tanto por meio da evolução do conceito de luz quanto do emprego da fotografia analógica e digital, de modo a apontar um elo com elementos fundamentais da Física Moderna e Contemporânea. Espera-se que esta proposta consiga não só despertar o interesse dos estudantes como, principalmente, incutir a ideia de que os mesmos são parte integrante e

essencial do processo de construção do conhecimento, incentivando a criatividade, o lado lúdico e o senso crítico.

1.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Diante das explanações realizadas até este ponto, o cerne da presente pesquisa está concentrado em duas questões-foco distintas, porém complementares:

- 1. A abordagem da evolução histórica do conceito de luz, ilustrada e em conjunto com a história da fotografia, pode auxiliar estudantes a contextualizar e aprender significativamente determinados conceitos da Óptica e da Física Moderna e Contemporânea?*
- 2. O emprego da fotografia no ambiente escolar, enquanto recurso didático para tópicos da Óptica e aspectos introdutórios da Física Moderna e Contemporânea, consegue agregar benefícios ao ensino de Física?*

A primeira questão-foco mostra-se mais pretensiosa à medida que pretende pôr em discussão o aprendizado dos estudantes, ou seja, o quanto a proposta foi eficiente para o ensino de Física, embora a literatura seja mais rica no tocante ao uso da História e Filosofia da Ciência enquanto recurso didático, o que favorece sua análise. Por sua vez, a segunda questão-foco busca investigar aspectos mais primordiais e difíceis de avaliar, como o despertar do interesse, da motivação ou da iniciativa, dentre outros, entre os atores sociais, atitudes fundamentais para o sucesso das atividades de ensino e aprendizagem.

1.5 JUSTIFICATIVA

A adaptação do conceito de luz ao longo do tempo, a partir de suas diferentes interpretações, está envolvida em eventos de mais distinta natureza, desde a simples leitura de um texto até a captação de imagens de quasares distantes. Relacionar e extrapolar as aplicações da Óptica aos mais diversos meios é um desafio que pode ser conduzido de maneira gradual, tendo como princípio situações palpáveis aos estudantes.

Partido dessa premissa, soa equivocado considerar a ciência como um produto finalizado e imutável, nascida através de descobertas espetaculares a partir de bases empíricas seguras e inquestionáveis. Assim, incorporar a História e a Filosofia da Ciência ao estudo da Física nada mais é do que reconciliá-la a seu caráter humano, que parece adormecido ou ausente das salas de aula, nos diversos níveis de ensino.

Esse não é um esforço inédito, tampouco recente. Porém, deve-se ter cuidado para não transformar a inserção do processo de construção da Ciência em um exercício meramente reflexivo, próprio da natureza humana (MATTOS e HAMBURGER, 2004) e sim expô-lo de forma adequada aos seus propósitos.

(...) a inserção da História da Ciência tem como objetivos: a) proporcionar uma visão mais adequada de Ciência enquanto processo de construção; b) servir como base de elementos de reflexão na definição de temas fundamentais; c) revelar os obstáculos epistemológicos por meio da semelhança entre concepções alternativas e concepções relativas a teorias científicas do passado, quando possível e d) superar os modelos de ensino cujo foco principal seja a mera transmissão dos “produtos” da Ciência. (GATTI, NARDI e SILVA, 2004)

Por todos os motivos aqui expostos, o enfoque histórico delegado ao conceito de luz na presente pesquisa vem somar quanto à contextualização da Física ao cotidiano do estudante, buscando colocá-lo não somente como mero observador, mas sim alçá-lo à condição de agente ativo, construtor e modificador da Ciência e do seu próprio conhecimento.

Por sua vez, é bastante trivial que os estudantes, mesmo aqueles com menor poder aquisitivo, possuam ao menos um celular, normalmente equipado com câmera fotográfica. De modo geral, a maioria dos jovens sabe utilizá-los e explorar suas funcionalidades, mas em muitos casos não conhecem ou não compreendem os princípios físicos envolvidos para que o aparelho funcione.

Esse fato seguramente não representa uma falha exclusiva do aluno ou aluna, entretanto, permite-se que tal condição seja tomada como uma oportunidade. Comumente, as

pessoas não se sentem capacitadas ou não foram estimuladas a analisar o funcionamento dos equipamentos eletrônicos que utilizam. Combater essa acomodação não é papel único da escola, contudo seria uma atitude desejável para evitar que todos se sintam compelidos a agir sempre dessa maneira.

Relacionar conceitos da Física com o cotidiano não se configura uma tarefa simples, sobretudo quando se tenta fazê-lo de maneira inadequada, expondo conceitos abstratamente, como se não houvesse interligação com vivências externas ao ambiente escolar. Desta maneira, planejar atividades e estratégias que contextualizem o ensino e a aprendizagem da Física com o dia a dia vai ao encontro da necessidade de reduzir o chamado analfabetismo científico, objetivando uma mudança de postura tanto de estudantes quanto de professores.

2. REVISÃO DA LITERATURA

No contexto do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, o tema desta dissertação está majoritariamente situado na área da História e Epistemologia da Ciência. Mesmo que a identificação com a História da Ciência apareça de forma mais contundente, suas relações com a Epistemologia também são exploradas, pois, como já dito, são indissociáveis.

Um estudo mais aprofundado da epistemologia, sobretudo das posturas filosóficas elaboradas durante o século XX, após os primeiros estudos da Mecânica Quântica e da Relatividade, mostrou que, ao menos no campo filosófico, a visão positivista da ciência perdeu sua validade, tendo seus conceitos postos em xeque por diferentes conjuntos de hipóteses, elaborados por epistemólogos como Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Laudan, Toulmin, Bunge, Maturana ou Latour (CHALMERS, 1999; MOREIRA e MASSONI, 2011; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010), por exemplo. Para a presente pesquisa, o trabalho de Paul Feyerabend foi eleito como referencial epistemológico (conforme será discutido no Capítulo 4 desta dissertação).

Apesar de sua relevância, tais visões epistemológicas contemporâneas dificilmente possuem adeptos, ou mesmo são admitidas, entre os pesquisadores e estudiosos das ciências duras. Também é preocupante o fato de estarem ausentes da sala de aula ou se mostrarem pouco ou nada operacionais, o que contribui com a propagação de interpretações ingênuas no que se refere à natureza da ciência e sua abrangência, que se estende do campo profissional e vicia o senso comum, passando pela formação de professores, nos diferentes níveis de ensino.

Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não tem lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente. Sugiro que afirmações semelhantes às anteriores

resumam o que nos tempos modernos é uma concepção popular de conhecimento científico. (CHALMERS, 1999)

Essa passagem de Chalmers (1999) clarifica a interpretação popularmente provida para a ciência. Contudo, ainda em meios acadêmicos são largamente encontrados pesquisadores que compartilham de crença semelhante. Segundo Baptista (2006), as “*ciências naturais, a Física principalmente, têm suas estruturas construídas sobre bases sólidas recobertas por uma malha teórica que liga todos os elementos ao complexo total. É uma ciência empírica que, naturalmente se apoia nos dados da observação e constrói sua estrutura teórica por meio do método indutivo*”. O enfoque empirista-indutivista, para o qual a fonte seminal do conhecimento científico é a observação, que por sua vez conduziria à conceitualização, mostra-se filosoficamente inconsistente, conforme apontado por Kant ainda no século XIX, e mais incisivamente retomado no século XX, como posto no início deste capítulo. Por sua vez, tal concepção tem implicações diretas nos cursos de formação de professores.

Tradicionalmente o curso de física e também os livros didáticos privilegiam uma formação acadêmica com enfoque altamente empirista-indutivista, isto é, um enfoque no qual o conhecimento advém da generalização indutiva a partir da observação, sem qualquer influência teórica ou subjetiva, e dessa forma capaz de assegurar a verdade absoluta às afirmações científicas. Nosso pressuposto básico, e frequentemente defendido na literatura, é que essas visões superadas (empiristas-indutivistas) da natureza da ciência sustentadas por futuros professores de física acabam resultando em práticas docentes inadequadas. (MOREIRA, MASSONI e OSTERMANN, 2007)

Massoni (2010) concluiu através de aprofundada pesquisa etnográfica que mesmo aqueles professores do ensino básico que possuem conhecimento das visões epistemológicas contemporâneas, independentemente da realidade escolar na qual se encontram, não conseguem eliciar integralmente atitudes de criticidade quanto à natureza da ciência para com seus estudantes. Suas aulas são didaticamente mais diversificadas em relação aos professores

que seguem a filosofia empirista, contudo não são suficientemente capazes de transcender tal barreira.

Assim como uma melhor compreensão do saber científico é almejada, a descrição historiográfica aponta que não só os construtos da ciência implicam em transformações sociais, mas que esta é uma via de mão dupla, exercendo a cultura local influência sobre os processos de investigação dos cientistas, estando suas expectativas pessoais, dilemas profissionais e perspectivas econômicas intrinsecamente relacionados a sua atividade profissional, o que impregna sua produção (FORATO, 2011).

Nesse aspecto, a inclusão da História da Ciência nas aulas de Física auxilia na desconstrução do parâmetro da infalibilidade e fornece novas bases para a reformulação do pensar sobre ciência. De acordo com Carvalho (2005, *apud* CARVALHO e SASSERON, 2010), o professor encontra-se no papel de mediador entre duas culturas distintas, a científica e a cotidiana, sendo sua responsabilidade auxiliar o estudante a cruzar seus limites e estabelecer relações entre ambas.

Um especial cuidado no manejo da História da Ciência se faz necessário. Tal cautela é imprescindível para que não se caia na armadilha da mera apresentação de datas e nomes, sem a contextualização histórica, o que reforçaria a caricatura do cientista super-herói. Com efeito, Huygens, físico holandês, ganhou relevância ao explicar a refração da luz para um modelo ondulatório no século XVII (KRAPAS, QUEIROZ e UZÊDA, 2011), contudo, é mais conhecido por ter lançado uma teoria rival àquela defendida por Newton, de uma luz composta por partículas, justamente pelo caráter semidivino com os quais muitos pesquisadores se referem a este cientista. No entanto, o próprio Newton mantinha em seus escritos dados que revelavam não ser ele o autor de tal teoria, ou mesmo o pioneiro na realização da decomposição da luz branca em um prisma triangular de vidro (SILVA e MARTINS, 1996).

Tem sido habitual mostrar as ciências da natureza como obra de personagens geniais e independentes de seus respectivos contextos sociais, culturais, políticos e econômicos (Gallego Torres, 2002), ou seja, os responsáveis pela formulação dos diferentes modelos científicos são apresentados nos sistemas educativos sem mencionar sequer as problemáticas que em seu momento enfrentava a

comunidade de especialistas na disciplina científica correspondente, disciplina que tampouco é contextualizada cultural, social, política e economicamente. Desta maneira, a história de cada uma das ciências da natureza não emerge como necessária para compreender os processos internos e externos que conduziram às formulações, aceitações, transformações e mudanças dos modelos. Quando de alguma maneira se alude à história, esta geralmente se reduz a uma narração linear e acumulativa de descobertas, acompanhada por uma sinopse biográfica desses gênios, na qual se destacam as descobertas que levaram a cabo. Nesta ordem de ideias, essa alusão está referida a um complemento, a uma espécie de agregado cultural, que pouco ou nada tem que ver com a pergunta de como e por que se formulou e admitiu certo modelo entre todos os outros que competiam em uma mesma época, a fim de ser aceito como explicações válidas do então problema epistemológico. (TORRES y BADILLO, 2007 – livremente traduzido do idioma espanhol pelo autor)

A História deve, então, introduzir o problema científico e explicitar por que o mesmo padecia de tal *status* em determinada época, bem como apontar os motivos pelo qual um conceito foi estabelecido em detrimento de seu opositor. Para Solbes y Traver (2001), a abordagem histórica da ciência é caracterizada por aspectos internos, com respeito ao conhecimento científico e tecnológico, e externos, que discutem as implicações sociais destes aspectos internos, ou seja, a problematização de um conceito científico é inerente a sua discussão quando tratado do ponto de vista histórico.

Por sua vez, o próprio debate da fundamentação de determinado conceito conduz à relevância da história da construção e estabelecimento dos conceitos físicos, as trajetórias sofridas, os aspectos contextuais de cada época e as controvérsias envolvidas em momentos de progressos científicos (CARUSO e OGURI, 2006), o que acaba por remeter à Filosofia da Ciência, uma vez que nem os conceitos, nem as leis e teorias da Física são fixos e imutáveis (MASSONI, 2005), ratificando que tais conhecimentos estão entrelaçados.

Este tema tem grande valor no ensino da Física, diante de seu papel social na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos. Pesquisadores em ensino destacam a importância da

abordagem dos aspectos históricos e epistemológicos tanto na educação básica, para mudança da caracterização e da postura frente à ciência no que concerne aos discentes (SOLBES y TRAVER, 2001), como também durante a graduação, na formação de licenciados e bacharéis em Física, grupo que constitui os futuros profissionais responsáveis por compartilhar tais saberes (CUDMANI y SANDOVAL, 2004).

Discutir a evolução temporal de um conceito é, segundo Dias (2001), mostrar que a Física é *não-trivial* por natureza, ou seja, o curso histórico de determinado conceito revela por que esse saber passou a ser encarado como corriqueiro, emergindo sua complexidade e consequentemente pondo sua aparente simplicidade em xeque. Dessa maneira, as teias de desenvolvimento do conhecimento se tornam mais evidentes, sendo função da História da Ciência esclarecer quais os componentes que permeiam os processos de enriquecimento dos conceitos (SANTOS e DIAS, 2005).

[A] História da descoberta de um conceito mostra não somente como o conceito foi criado, mas, sobretudo, seu porquê; a História mostra as questões para cujas soluções o conceito foi introduzido, revela o que o conceito faz na teoria, sua função e seu significado. A História revive os elementos do pensar de uma época, revelando, pois, os ingredientes com que o pensamento poderia ter contado na época em que determinada conquista foi feita. “Ela desvenda a lógica da construção conceitual; nesse esforço, ela revela, também, os “buracos lógicos” que o conceito preenche, revivendo o próprio ato intelectual da criação científica. (DIAS, 2001)

Gonçalves e Carvalho (1995) exemplificam tal condição para o conceito de sombra, que inicialmente soa simples, mas cuja compreensão carece de aspectos referentes a fontes de luminosidade, categorizações geométricas do espaço tridimensional, composição da matéria, dentre outros, que por sua vez formam a base para a compreensão de eventos mais grandiosos, tais como a ocorrência do dia ou da noite, fases da Lua ou eclipses.

A problematização da evolução de conceitos ou fenômenos físicos pode seguramente ser conduzida à Óptica, cuja relevância para o ensino de ciências envolve desde a construção de simples instrumentos ópticos até métodos complexos de definição da estrutura de materiais

(WEBBER e RICCI, 2006), dentre tantos outros exemplos. Nos aspectos referentes ao ensino da Óptica, a identificação de concepções alternativas (ALMEIDA, CRUZ e SOAVE, 2007) e a promoção de atividades interdisciplinares (HELENE e HELENE, 2011) ou que envolvam o emprego de experimentos (SALINAS y SANDOVAL, 2000) são discussões que possuem maior destaque, compondo um extenso rol de publicações.

Apesar de sua abrangência, a Óptica é comumente negligenciada durante o Ensino Médio, como mencionado. O currículo tradicional, organizado em Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo (eventualmente, Física Moderna e Contemporânea), relega à Óptica posição referente aos últimos meses do segundo ano, o que, frente à atual redução da carga horária das aulas de Física, prejudica ou extingue seu enfoque. Essa divisão, segundo Terrazan (1992), não possui justificativa plausível, sendo adotada para ajustar-se com os manuais de ensino estrangeiros, cujo ordenamento advém desde o século XIX.

Quando ocorre, a abordagem da Óptica tende a seguir exclusivamente a Óptica Geométrica, parte responsável por descrever a formação de imagens por meio de diferentes instrumentos, geralmente compostos por espelhos ou, principalmente, lentes, o que ocorre através de exercícios de cunho representativo, onde retas representam raios luminosos e pontos caracterizam o comportamento de tais raios. O excesso de abstração dessa aproximação compromete a compreensão dos estudantes em relação à luz e seu comportamento, fomentando diferentes concepções acerca da natureza da luz, aspecto trivialmente ignorado na educação básica (GIRCOREANO e PACCA, 2001).

Por conseguinte, utilizar a Óptica Geométrica de modo empirista-indutivista não apenas não auxiliaria para a boa repercussão da própria Óptica como manteria a formação de sujeitos inábeis para a crítica da ciência. Dessa maneira, para a concepção de indivíduos críticos e socialmente ativos é imprescindível ouvir suas opiniões, o que inclui seus erros conceituais (SILVA, 2009), e considerá-las para o desenvolvimento não somente de seu aparato cognitivo, mas também da ciência para esse sujeito, tomando emprestada a máxima construtivista de que todo o conhecimento é uma construção humana, não havendo um regramento indefectível para a cognição (MOREIRA, MASSONI e OSTERMANN, 2007).

De modo semelhante, espera-se que a realidade sociocultural desses estudantes seja considerada e integrada quando necessário, tornando seu aprendizado mais palatável a sua vivência. Tal atitude não significa destituir a ciência de seu caráter objetivo ou rigoroso, por

exemplo, mas sim em tomar a seguinte reflexão: para ensinar, é necessário ter quem queira aprender. Relatos de professores que passaram por cursos de capacitação através do estudo do construtivismo e foram encorajados a pôr seus conhecimentos em prática (CORRÊA FILHO e PACCA, 2011) mostram que, apesar das dificuldades iniciais, principalmente em descentralizar o conhecimento da figura do professor, há um esforço em aumentar a participação e o envolvimento dos estudantes com os componentes curriculares.

Para esta pesquisa, como tratado no primeiro capítulo, a Óptica serviu como base para a formulação de material educativo empregado em turmas do Ensino Médio. Sua abordagem ocorreu por meio de dois vieses: pelo tratamento histórico, através da apresentação e discussão da evolução do conceito de luz, e pelo tratamento tecnológico, por meio do emprego da fotografia analógica e digital. Por tais motivos, a revisão bibliográfica no que tange o ensino de Óptica esteve resignada majoritariamente a essas duas áreas e possíveis desdobramentos.

Nesse contexto, há relatos sobre o uso da Óptica como uma forma de adentrar à FMC (HECKLER, 2009; VICENZI, 2007; ROCHA FILHO, SALAMI e HILLEBRAND, 2006) que entram em perfeita consonância com a investigação histórica da evolução do conceito de luz. Tal aporte se justifica pela sua definição atual, cujo consenso em torno da dualidade onda-partícula permite a investigação de fenômenos quânticos, tais como o efeito fotoelétrico, efeito fotovoltaico ou demais formas de interação entre radiação eletromagnética e matéria, como difração e interferência (CAVALCANTE, 2001). Dessa forma, a investigação histórica do conceito de luz, ao conduzir à exploração das interações da luz com a matéria, seria uma das portas de entrada para o mundo quântico, embora não a única.

Apesar de o efeito fotoelétrico ser designado como um fenômeno físico de grande validade para concretizar a ponte entre Óptica e Física Quântica, há pesquisadores que optam por outras estratégias. Para Dionísio (2005), há maior adequação em usar a Regra de Stokes para a inserção do conceito de fóton, como, segundo ele, teria feito o próprio Einstein, ao invés da tradição didática adotada.

Nessa pesquisa, optou-se pela abordagem do efeito fotoelétrico, devido às proximidades com o efeito fotovoltaico, presente no funcionamento de sistemas de iluminação pública e controles automáticos de portas de elevadores e esteiras de supermercados (VALADARES e MOREIRA, 1998), o que garante certa proximidade ao cotidiano estudantil.

Não obstante, o tratamento de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, ainda que de maneira acanhada, como no presente caso, atende aos anseios de uma atualização curricular para a Física no Ensino Básico, conforme propõem os PCNs, objetivando o acompanhamento das recorrentes transformações advindas do progresso científico e tecnológico, bem como dos impactos sociais causados por essa demanda, além da inclusão de muitos saberes que, em nosso tempo, tornaram-se seculares.

Introduzir tópicos de FMC no Ensino Médio exige um trabalho de reescrita dos currículos escolares, uma vez que a pequena quantidade de aulas de física semanais, junto a um currículo historicamente inchado pelos conteúdos tradicionais, deixa pouco espaço para introduzir novos tópicos. (NÓBREGA e MACKEDANZ, 2013)

A despeito dos benefícios apontados, acredita-se que não se deve criar a ilusão de que o emprego de narrativas históricas e seu debate sobre a formação dos conceitos são a panaceia do ensino de ciências. Conforme defendido no capítulo anterior, a Física possui um caráter vasto para ater-se somente a um recurso didático dentre o leque de possibilidades existente.

Apesar de atividades que versem sobre tópicos de História e Filosofia das Ciências serem essenciais ao se pretender enculturar cientificamente os estudantes, é necessário que estas estejam inseridas em sequências de ensino que permitam o trabalho em sala de aula levando em conta os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Defendemos, pois, o uso de outras atividades de orientação construtivistas, tais como demonstrações, laboratórios investigativos e resoluções de problemas abertos. (CARVALHO e SASSERON, 2010)

O planejamento de atividades experimentais, concomitantemente, pode complementar e conduzir à abordagem histórica da Óptica. Apesar de não configurar nenhuma novidade, atualmente não são todos os professores de Física que se dedicam ao emprego de experimentos, geralmente por ausência de familiaridade ou mesmo por dificuldades de condução desse tipo de recurso didático (CARVALHO, 2010).

O uso de experimentos, ainda hoje, é visto como uma estratégia diferenciada dentro do ensino de Física ao comparar-se com o enfoque tradicional, cujos materiais estão resumidos ao caderno e caneta, ou quadro e marcador ou giz, na sua versão docente. Todavia, mesmo esse cenário está se alterando, pois vem se tornando comum estudantes que fotografam o quadro com seus celulares ao invés de transcrever as informações passadas, atitude que evidencia que os avanços científicos e tecnológicos suscitam uma análise dos objetivos que se perseguem no processo ensino-aprendizagem (SANDOVAL y SANDOVAL DE SALINAS, 1990), implicando na adoção de um dinamismo que seja mais atraente aos discentes.

Para introduzir em suas aulas atividades inovadoras nas quais se espera que os alunos tenham participação intelectualmente ativa, é necessário que os professores adotem práticas nada habituais para os professores formados “no” e “para” o ensino tradicional. (CARVALHO, 2010)

A opção pela fotografia partiu exatamente desse princípio. A participação ativa e dedicação dos alunos e alunas são essenciais para que o processo de ensino-aprendizagem se concretize (este aspecto será clarificado no Capítulo 3 desta dissertação, através do tratamento teórico-epistemológico), contudo esperar por tal cooperação mantendo em curso as engrenagens atuais se torna um exercício desastroso. Dessa forma, o recurso fotográfico cumpre função similar ao experimental quanto ao despertar da iniciativa, porém rememora e valoriza situações triviais, convidando a sua contextualização científica, desde que tal iniciativa seja provocada pelo educador.

Pôde-se perceber que não há muitos trabalhos que indicam a utilização da fotografia como um recurso didático para o ensino da Física, embora também se note que esta não é uma atitude pioneira. Há na literatura diferentes estudos em que é aproveitada a câmara escura (e.g., HEINECK e ARRIBAS, 2004), que representa o princípio de formação de imagens utilizado nas câmeras fotográficas, facilmente expansível à fotografia analógica tomada a partir de câmeras estenopeicas, também conhecidas como *pinhole* (do idioma inglês, *pin* significa alfinete e *hole* traduz-se como orifício, buraco) (e.g., ANDRADE, 2005; SOUZA, NEVES E MURAMATSU, 2007).

No que diz respeito à fotografia digital, há trabalhos que proporcionam seu uso em sala de aula (PEREIRA e VIEIRA, 2011; MORAES CORVELONI *et al.*, 2009). No entanto, esses estudos utilizam a fotografia como um meio de coleta de dados, não estando o processo fotográfico identificado com o objeto de estudo central. Já pesquisas que apontam a fotografia como um meio de transformação e identificação social (SALORT, 2010; BIAZUS, 2006) são bastante pertinentes, porém geralmente são feitas por pesquisadores de áreas distintas do Ensino de Física.

Segundo Kossoy (2001), a câmara escura era utilizada por artistas, viajantes e cientistas para desenhar imagens que melhor se ajustassem à paisagem observada através dos olhos. Com a invenção da fotografia, a imagem seria gravada sozinha sobre uma superfície quimicamente sensibilizada, assim o processo fotográfico era encarado como um ato mecânico, sendo necessário seguir certa sequência de passos para obtenção do registro. Entretanto, mesmo com essa rigidez aparente, o papel do artista, como o criador da imagem, foi compreendido, pois é ele quem dirige a objetiva da câmera, assim *“toda fotografia tem sua origem a partir do desejo de um indivíduo que se viu motivado a congelar em imagem um aspecto dado do real, em determinado lugar e época”*.

Por sua característica primordial, de registrar com perfeição e em único golpe toda a imagem que está em frente à câmera, a fotografia, no seu começo, era percebida como algo mecânico, algo em que a mão humana só interferia no momento de apertar o disparador. Do resto se encarregava a luz e a sensibilidade à superfície sensível. Só mais tarde é que se começou a questionar o olhar de quem posiciona a câmera para a cena escolhida, ou seja, do fotógrafo. (SALORT, 2010)

Entende-se que aproximar ambos os enfoques, o científico e o artístico, só viria a enriquecer a presente pesquisa, buscando mostrar que a Física é uma ciência viva, contemporânea e intimamente relacionada à vivência social, o que está em consonância com a própria reinterpretação da fotografia desde sua invenção.

Nesse sentido, a fotografia se soma não somente como objeto de estudo, através do estudo das propriedades físicas envolvidas tanto em câmeras analógicas como nas digitais,

mas igualmente como forma de representação, fornecendo registros diferentes dos que usualmente são atribuídos às atividades escolares, geralmente relatos escritos, sendo mais um meio de expressão de opiniões com relação ao próprio ensino.

Como reflexo, a imagem mantém uma relação de passividade com a realidade. Ela se limita a reproduzi-la. A noção de imagem expressa de certa forma, uma visão estática do processo de significação. A imagem é apenas registro. Nesse sentido, a fotografia, tal como comumente entendida, é a imagem por excelência. A representação, por outro lado, é ativa e produtiva em mais de um sentido. Como estratégia discursiva, ela produz os objetos de que fala. Além disso, ela não pode ser produzida sem a ativa mobilização de um repertório de recursos semióticos, retóricos, estilísticos. Finalmente, a apresentação, como já vimos, além de objetos, produz sujeitos.
(SILVA, 2001)

Outro exemplo da relação entre a Óptica e a Arte se dá pelo cinema. Desde o primeiro cinematógrafo construído pelos irmãos Lumière até os projetores atuais, sejam estes de rolos de películas ou digitais, sua função é a de lançar uma imagem em uma tela por um tempo máximo de 1/24 segundo, ou seja, a uma velocidade mínima de 24 imagens por segundo, o que causa a impressão de movimento sobre a superfície de projeção. Assim, a experiência de assistir um filme consiste em submeter-se a uma ilusão de óptica com vários minutos de duração (MEDEIROS, 2006).

Dessa forma, a investigação histórica do conceito de luz revelou técnicas que são amplamente empregadas em diferentes meios, seja para entretenimento, informação ou diferentes serviços. Em um movimento contrário, a tecnologia acaba por mascarar a história por trás do conhecimento, formando uma sociedade que lida com esses construtos como se os mesmos fossem adventos meramente naturais, tornando mais do que necessário identificar o protagonismo da inteligência humana e da história cultural na consolidação dessas conquistas (LÉVY, 1993).

Essa ingenuidade em relação ao papel dos entes históricos na transformação científica, cultural e social pode levar à concepção de que o desenvolvimento científico é um motor para

fomentar os meios capitalistas de produção, o que conduz ao preconceito em relação à função social das ciências e à atuação dos cientistas, revelando ainda mais a urgência do debate da História da Ciência e da Epistemologia nos diferentes níveis de ensino.

A real dimensão do valor da Ciência, bem como a definição do efetivo papel da Educação Científica, padecem, ainda hoje no Brasil, mesmo nos meios mais intelectualizados, de uma forte carga de preconceitos e idiosincrasias que retardam avanços e terminam por favorecer os grupos hegemônicos no caminho do “desenvolvimento a qualquer custo”. Isso tem fechado um ciclo que resulta no encontro entre as críticas iniciais com novas acusações sobre a Ciência e seus agentes, pois estes terminam confundidos com o tecnocrata egocêntrico e oportunista.

Entendemos que somente sai ganhando este último, pois enquanto comissões pensantes ainda debatem sobre a relevância ou não da Ciência e da Educação Científica, o tecnocrata continua atingindo suas metas em favor de pequenos grupos, às expensas da produção científica. Compreendemos que apenas por meio da leitura histórico-crítica será possível superar este impasse desnecessário e prejudicial à maioria das pessoas no que diz respeito, principalmente, ao campo da Educação. Assim é que o entendimento do homem, enquanto espécie, em relação a sua história e à história do pensamento científico, implica em uma abordagem indissociável, de modo que uma não pode ser analisada separadamente a outra. (MARQUES e LUZ, 1988)

Por esta breve revisão bibliográfica, que compreendeu registros entre os anos de 1988 e 2013, pôde-se perceber que o ensino de Física padece dos mesmos problemas há várias décadas, o que o estigmatiza e desestimula sua aprendizagem. Estes incluem a valorização do ponto de vista empirista-indutivista, que privilegia um ensino automatizado de memorização de fórmulas, princípios e teorias como verdades absolutas em detrimento da compreensão de conceitos e suas aplicabilidades, a pouca relevância fornecida à Óptica em relação às demais áreas da Física, assim como de seu vínculo com a Física Moderna e Contemporânea, ainda tão

ausente no ensino básico e, tão preocupante quanto às demais, a negligência com o tratamento histórico e filosófico da ciência e sua função social com vistas a tornar os alunos mais críticos e reflexivos. Este cenário evidencia a necessidade de atitudes diferentes de enfrentamento desses problemas, porém, apesar dos bons exemplos trazidos, muitos esforços ainda serão necessários para reverter este precário quadro, instituído ao longo de décadas de descasos.

Para alicerçar os aspectos tratados neste segundo capítulo, serão utilizados os referenciais teóricos de Ausubel e Vygotsky e o referencial epistemológico de Feyerabend. O referencial teórico-epistemológico será objeto do Capítulo 3, que se abordará na sequência deste trabalho.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA

3.1 SUBSÍDIOS DO CONSTRUTIVISMO

Quando alguém toma para si o entendimento significativo de um novo conhecimento ocorre uma modificação em sua estrutura cognitiva, o que pode acarretar mudanças de ordem psíquica, atitudinal, pessoal ou social. Tais mudanças influenciarão na vivência desse aprendiz e, conseqüentemente, em sua forma de compreender o mundo que o envolve, que se tornará mais complexa.

O cognitivismo, no qual se enquadra o construtivismo, se ocupa exatamente desses aspectos, ou seja, de como um indivíduo evolui cognitivamente e como os fatores ambientais influenciam nesse aperfeiçoamento, assim como do caminho inverso – como o aprendizado pode levar o sujeito que aprende a alterar o meio social.

O Construtivismo é uma posição filosófica cognitivista interpretacionista. Cognitivista porque se ocupa da cognição, de como o indivíduo conhece, de como ele constrói sua estrutura cognitiva. Interpretacionista porque supõe que os eventos e objetos do universo são interpretados pelo sujeito cognoscente. O ser humano tem a capacidade de interpretar e representar o mundo, não somente de responder a ele. (MOREIRA, 2011.b)

No construtivismo, as intenções do ser humano ganham importância, pois são elas que direcionam sua aprendizagem. Se um aluno, ainda criança, não gosta de Matemática e tem predileção para Língua Portuguesa, é provável que à medida que ele cresça tome partido pela área das linguagens ou pelas ciências humanas em detrimento das ciências exatas, pois seria essa sua vontade. Em contrapartida, isso não significa que ele não tenha condições de compreender a Matemática – e de fato as têm.

Além da vontade, a necessidade se faz presente. Por necessidade, entenda-se o meio social e as exigências que exerce sobre o aprendiz. Este mesmo aluno, que possivelmente é avaliado por meio de notas, pode acompanhar seus pais ao supermercado, sonhar em ganhar

um brinquedo ou receber alguma mesada. Todas essas ações dependem de um conhecimento matemático básico, alheio ao seu gosto, mas que mesmo assim ganha peso em seu cotidiano.

Por essa óptica, o cognitivismo não subentenderá unicamente a explicação do “por que” se aprende algo, mas também do “como” se aprende. A premissa básica é de que todo – ou, ao menos, a maioria do – conhecimento humano é construído (de onde provêm os nomes construtivismo e cognitivismo). Portanto, cabe ao pesquisador desta área entender os elementos através dos quais ocorre tal construção, seus processos e o papel do meio externo sobre eles.

Essa filosofia integra-se com os anseios pleiteados para o desenvolvimento deste trabalho, pois entende que a vontade humana é a força motriz de sua aprendizagem e que o conhecimento construído e adquirido é fruto inerente de sua atividade, crença que também é estendida para a produção científica, abordada adiante, no referencial epistemológico (seção 3.4 deste Capítulo). Nas duas seções seguintes serão abordados determinados pontos das teorias construtivistas de Ausubel (seção 3.2) e Vygotsky (seção 3.3) e quais contribuições as mesmas provieram para a presente pesquisa.

3.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Nascemos sabendo algo ou formamos todo o conhecimento após? Esse questionamento não possui uma resposta única, mas não impede especulações. De acordo com o construtivismo, todo o conhecimento que um ser humano pode adquirir provém de uma construção, o que ocorre desde o momento em que as estruturas cerebrais necessárias já estão maturadas. Por conseguinte, quando uma criança entra na escola já houve tempo suficiente para que haja múltiplos construtos em seu cérebro.

Por essa premissa, a teoria construtivista de Ausubel sugere que, para o ensino, o ideal é partir daquilo que o aluno já sabe para aprofundar certo conhecimento e adquirir novos conhecimentos com significado, pois só desta maneira é possível alcançar uma *aprendizagem significativa*, aspecto central em sua obra.

Em um viés contrário, a *aprendizagem mecânica* seria aquela que se dá de maneira puramente automática: o professor define um conceito e o aluno o aprende, ou memoriza, para executar uma tarefa em particular, ainda que esta se mostre alheia a sua vivência. Essa

forma de aprendizagem, mais adequada ao comportamentalismo, é, sem dúvida, a mais presente nas salas de aula ainda hoje.

O médico e psicólogo estadunidense David Paul Ausubel (1918–2008), cuja obra está inserida na filosofia construtivista, possuía um ponto de vista divergente em relação à aprendizagem mecânica, privilegiando o que ele denominou aprendizagem significativa, seu contraponto ao massificador enfoque behaviorista predominante na época em que sua obra se tornou conhecida.

A aprendizagem significativa, como seu nome suscita, surge quando o conhecimento oferecido passa a ter significado para o indivíduo. Esse significado pode ter caráter provisório, auxiliando-o na resolução de um problema específico, ou ser algo tão profundo que mude radicalmente sua vida, possuindo validade mais ampla.

Apesar das diferenças, aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa se encontram em extremos opostos de um mesmo contínuo. Nesse enfoque, a tarefa do professor consiste em guiar os estudantes para o polo da aprendizagem significativa, e há pontos que devem ser considerados para a obtenção desse êxito.

O ponto central está em compreender que um estudante não é uma *tábula rasa*. Em qualquer etapa do ensino formal, um aluno, mesmo inexperiente, possui inúmeros construtos mentais que guiam sua forma de pensar e agir, oriundos de sua interação cultural e social. Apoiar-se em seus conhecimentos prévios é o ponto de partida para compreender novos conceitos, segundo Ausubel.

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos. (AUSUBEL et al., 1980, apud MARTINS et al., 2001)

A interação cognitiva entre *conhecimentos prévios* e *conhecimentos novos* é o principal subsídio para a aprendizagem significativa. A interação entre o novo conhecimento com algum conhecimento específico e relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz deve ser estimulada pelo professor. Caso essa interação ocorra de maneira a

enriquecer o conhecimento anterior e, simultaneamente, o novo conhecimento adquire significado pessoal e não é interpretado de maneira literal e arbitrária, então ocorrerá uma aprendizagem significativa.

Para que a interação cognitiva aconteça de maneira apropriada é necessário que o aprendiz possua o conhecimento prévio adequado, pois é ele que permite a assimilação, isto é, a interação entre o conhecimento novo e os conjuntos de conhecimentos prévios que compõem sua estrutura cognitiva, denominados *subsunçores*. Além disso, é preciso que ele apresente uma *predisposição* para essa interação cognitiva, isto é, uma predisposição para aprender significativamente.

O uso de equipamentos fotográficos é costumeiro para os estudantes, que certamente já desenvolveram subsunçores suficientes para utilizá-los. O objetivo consiste, portanto, em problematizar o conhecimento já existente em torno de aparelhos fotográficos e direcioná-los para situações que se encaminhem para a aprendizagem da Física. Exemplificando, é sabido que uma câmera fotográfica, analógica ou digital, consegue projetar e registrar uma imagem, motivo pelo qual as pessoas adquirem tais equipamentos. Mas como as imagens são projetadas? Ou então, qual a diferença entre câmeras analógicas e digitais? Seria a existência de um visor externo? O fato de não usar filmes de celuloide? É dessa maneira que se almeja a contextualização dos conhecimentos no decorrer da presente pesquisa.

As interações cognitivas ocorrem internamente ao sujeito, mas devem ser externalizadas de alguma forma para que se torne possível compreender se o conhecimento ressignificado possui, de fato, o entendimento desejado. O conceito de aprendizagem significativa estrutura-se na concepção de que o ser humano só aprende algo definitivamente quando consegue contextualizá-lo e expandi-lo em sua realidade. Desse modo, a participação do discente é parte fundamental não somente para auxiliar no ritmo da aula, mas também como forma de percepção de sua apropriação dos conhecimentos estudados.

Quando os subsunçores adequados não existem, os mesmos necessitam ser gerados. Isso é possível, em princípio, por meio de *organizadores prévios*: materiais com cunho didático abrangente, que fornecem uma visão geral do tema a ser trabalhado, para que aos poucos se possam abordar assuntos mais específicos, sendo também útil, em muitos casos, para provocar a disposição do aprendente, o que é primordial para o ensino. No entanto, dependendo do grau de inadequação dos subsunçores existentes, os organizadores prévios

podem não funcionar e ser necessário construir subsunçores ou iniciar o processo com sua aprendizagem parcialmente mecânica.

A abordagem da evolução histórica do conceito de luz pode atuar como um organizador prévio, no sentido de questionar o alunado no que diz respeito a sua concepção do que é a luz e introduzir a criação de conceitos decorrentes da vontade de responder a essa questão. A História da Ciência, além de despertar tal inquietação, mostra que aqueles que se empreenderam pelos caminhos do desenvolvimento científico também tinham suas dúvidas e, muitas vezes, respostas que, para nós, poderiam soar como ingênuas atualmente. Expor esse conhecimento é uma forma de esclarecer que o cientista não possui nenhuma capacidade excepcional em relação aos demais seres humanos, mas que, como qualquer profissional, empenha-se em sua área para melhor desenvolver sua tarefa. Espera-se que tal atitude forneça maior confiança aos alunos e alunas para que se animem em compreender a Física.

O material que pretende propiciar a aprendizagem significativa é denominado material potencialmente significativo. Suas características imprescindíveis são a existência de um significado lógico, coerente com o objetivo didático e que privilegie – ou que forneça meios para gerar – os subsunçores necessários.

Diante do exposto, durante a elaboração do material que compõe o minicurso desenvolvido para fins desta pesquisa houve a preocupação de torná-lo acessível e atraente para os estudantes, de maneira que os mesmos se sentissem incitados a interagir com o mesmo, pois o aprendizado torna-se impossível sem sua disposição inicial.

Outros dois conceitos de grande relevância na teoria de Ausubel são a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa*. A diferenciação progressiva ocorre quando um conhecimento prévio, ao servir de subsunçor, acaba se transformando, sendo diferenciado pela aquisição do novo conhecimento. Já a reconciliação integrativa sucede do intercâmbio entre subsunçores já existentes, que anteriormente não se comunicavam, mas cuja conexão permitiu a assimilação do novo conhecimento.

Se um espectador assiste a um jogo de tênis pela primeira vez, possivelmente não entenderá as regras do jogo inicialmente, mas poderá utilizar seus subsunçores para compreendê-las. Por exemplo, ele pode relacionar o conceito de *set* do vôlei como a subdivisão de uma partida, e a regra do basquete que permite que a bola quique no chão, diferentemente do esporte anterior, assim há uma reconciliação integrativa, pois seu

entendimento para *set* e quique no chão, que anteriormente não se comunicavam, agora possuem uma conexão, sendo que ambos permaneceram inalterados.

Por outro lado, o espectador percebe ao longo do jogo que, diferentemente do basquete, no tênis somente é permitido um quique no chão, assim sua conceitualização se torna mais abrangente, havendo uma pequena modificação – a diferenciação progressiva, que pode ser grandemente favorecida se houver um companheiro ou interlocutor que auxilie nesse processo. Na educação, esse é o papel do professor. Assim sendo, os processos de reconciliação integrativa e diferenciação progressiva estão relacionados, ocorrem de modo simultâneo, e devem ser aproveitados, no ensino, como princípios programáticos da matéria de ensino.

Concepções alternativas em Óptica já foram amplamente discutidas na literatura (*e.g.*, ALMEIDA, CRUZ e SOAVE, 2007). A reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva fornecem amparo suficiente para que o conflito entre concepções distintas seja feito em um espaço que forneça bases seguras para que os resultados entrem em consonância com os conhecimentos atualmente aceitos pela Física, o que evidencia o grau de responsabilidade essencial para o ensino de Óptica.

A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel influenciou diferentes pesquisadores em ensino desde sua proposição e desenvolvimento durante as décadas de 1960 e 1970. Por exemplo, Novak, Gowin e Moreira são pesquisadores que colaboraram com Ausubel neste período, o que contribuiu para o engrandecimento dessa teoria de aprendizagem e também para a formulação de suas próprias teorias, que se alicerçam em conceitos ausubelianos.

Novak (1981, *apud* MOREIRA, 2011.b) compreendeu a Aprendizagem Significativa como parte integrante de uma Teoria da Educação, mais ampla que a anterior, ao considerar a troca entre significados e também de sentimentos entre educador e aprendiz como características de um evento educativo, em uma filosofia próxima ao humanismo. Para Gowin, de acordo com Moreira e Veit (2010), o material educativo ganha relevância ao compor uma relação triádica de ensino, sendo a aprendizagem concretizada somente quando o significado apropriado por um estudante é o mesmo que seu professor pretendia ao elaborar o material, bem como aquele aceito na matéria de ensino.

Moreira (2011.b), através da Aprendizagem Significativa Crítica, reconhece que os conhecimentos prévios constituem a base cognitiva para a construção de novas aprendizagens para qualquer indivíduo, que compreende a extensão dos conhecimentos apropriados, contudo lhe é concedido protagonismo para questionar se tais conhecimentos estão inseridos em seu meio de convivência e se, de fato, é esta a cultura na qual ele pretende estar inserido, ou seja, lhe é dada liberdade para que seu ambiente social não sufoque seus anseios.

De modo geral, espera-se que os subsídios fornecidos pela teoria de Ausubel sejam capazes de contribuir no desenvolvimento do processo para a aquisição de uma aprendizagem significativa da Óptica para os atores sociais, em virtude da aplicação de uma metodologia que se vale do desenvolvimento histórico do conceito de luz e do emprego da fotografia analógica e digital em sala de aula, aporte que visa valorizar o conhecimento prévio do alunado como meio de suscitar a predisposição indispensável para seu aprendizado.

3.3 TEORIA SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Quais as transformações que o meio social, cultural e histórico podem acarretar sobre o avanço cognitivo de uma criança? Para Vygotsky, que viveu o conturbado período da Revolução Russa de 1917 que implicou na consolidação da União Soviética, essa era a pergunta ideal, pois estava claro que as intensas transformações sociais atravessadas por seu país implicariam em novas alterações para o desenvolvimento mental das próximas gerações.

Essa foi a máxima que orientou a teoria do sociointeracionismo de Vygotsky – identificar a relevância que o contexto histórico e o meio sociocultural exercem sobre a formação dos construtos mentais. Dessa forma, conseguiu elaborar e organizar novos conceitos, como destacar a importância da interação social, da linguagem e da concepção de zona de desenvolvimento proximal, entre outros.

Nascido na então Bielorrússia, Lev Semenovich Vygotsky (1896 – 1934) tornou-se bacharel em Direito e doutor em Psicologia, sendo um dos pioneiros a integrar a então nova área da psicologia do desenvolvimento cognitivo denominada construtivismo.

Ainda que não pudesse tomar conhecimento da relevância mundial que sua obra teria, em decorrência do isolamento imposto sobre a e pela União Soviética, Vygotsky desenvolveu um trabalho tão proeminente quanto o de seu contemporâneo Jean Piaget (1896 – 1980),

embora esse conhecimento só chegasse com força ao ocidente décadas após sua morte, nos anos trinta, fase em que também foi censurado na URSS, devido a sua crítica ao condicionamento de Pavlov.

Esse distanciamento também seria responsável por permitir hipóteses alternativas com respeito às interpretações dos estudos de Vygotsky ao redor do mundo. Para Wertsch (2008, *apud* PEREIRA, 2012), essa divulgação tardia teria implicado em equívocos na adaptação de alguns conceitos. O motivo seria o que ele chama de *memória coletiva*, grosso modo, ilustrada como uma representação social do passado. Dessa maneira, tornar-se-ia compreensível que o sociointeracionismo vygotskyano teria significados distintos para a URSS do início do século vinte do que os que possuímos atualmente, em outra época ou parte do globo. Entretanto, para esta pesquisa foi adotado o ponto de vista tradicionalmente aceito para a obra de Vygotsky, a partir da consulta de suas próprias publicações traduzidas para a língua portuguesa ou de outros pesquisadores.

O papel do *contexto social* para o desenvolvimento cognitivo, determinante na formação de sua teoria, originou-se de sua própria vivência. O período pré e pós-revolução de 1917 transmitiram-lhe, principalmente após tomar conhecimentos das obras de Marx e Engels, a adoção do marxismo como convicção política, que guiou suas pesquisas durante o restante de sua curta vida. Vygotsky percorria partes da URSS aplicando testes e inferindo medidas que contribuiriam para aprofundar sua visão sobre aprendizagem, auxiliando-o na formação de uma teoria da educação que, embora ajustada ao seu tempo, possui o poder de estender-se ao nosso, sendo bastante utilizada no ensino.

Em sua teoria, hoje conhecida por sociointeracionismo, Vygotsky defende que a *interação social* é um processo que precede a aprendizagem, ou seja, o indivíduo deve interagir com o meio que o cerca para se desenvolver cognitivamente por meio da formação de *funções mentais superiores* (como falar, escrever, refletir, andar, alimentar-se, comunicar-se, dentre outros) e, conseqüentemente, apropriar-se de *significados* inerentes àquele meio, por vezes válidos unicamente nesse contexto.

Por interação, pode-se considerar qualquer gesto ocorrido de maneira externa, assistido ou não. Por exemplo, o simples erguer de um lápis para uma criança já representa uma interação. A criança só aprenderá a utilizar o lápis e os significados que podem estar atrelados a ele (objeto para escrever, símbolo para a alfabetização, ícone para alguma

secretaria da educação, dentre outros) à medida que interagir com o mesmo, seja lançando-o longe ou posicionando-o delicadamente sobre uma folha de papel. O usar do lápis permite a construção de funções mentais que auxiliarão em suas manifestações recorrentes.

Ainda que a criança aprenda a usar o lápis a seu modo, o significado que ele possui para seus semelhantes só será compreendido a partir da convivência com os mesmos, ou seja, por meio da interação social, a qual necessita de, pelo menos, duas pessoas, que compartilham informações em um processo bidirecional. Assim, a criança aprende, por exemplo, por meio de seus pais ou professores, que um lápis serve para escrever, mas também perceberá que um lápis colorido é útil para pintar figuras, ou seja, seu conhecimento pode ser modificado quando novas interações sociais ocorrem.

No ensino de Física, apesar da descrição de eventos da natureza constituir o cerne dessa atividade, as interações com os eventos discutidos dificilmente ocorrem, a não ser que a consideremos pelo levantar de canetas e copiar dos quadros. Colocar sobre o professor o papel de única fonte de obtenção do conhecimento seria sobrecarregá-lo, além de configurar um desnecessário equívoco.

Para o ensino de Óptica, não seria mais atrativo para qualquer pessoa criar as condições que levam à projeção de uma imagem pelo uso de uma lupa, por exemplo, ao invés de apenas traçar retas representando objetos e imagens em um papel? A função dos professores, nesse caso, não está em apresentar conteúdos, mas sim em gerar oportunidades de interação com os mesmos, ajustando-se ao papel de *mediador*. Obviamente, a orientação docente não pode ser descartada, mas a interação com o que o meio social proporciona deve ser encorajada.

Vygotsky entende que o ambiente social está impregnado de mediações que necessitam de *instrumentos* e *signos*, utilizados na transmissão de significados. Os instrumentos são agentes intermediários entre um conhecimento e seu significado, ao passo que os signos são os símbolos trazidos pelos instrumentos. O lápis usado pela criança no exemplo anterior pode ser encarado como um instrumento, enquanto uma palavra escrita com auxílio do lápis é um signo, o que expõe o significado de que o lápis é um objeto usado durante a escrita. De forma mais abrangente, a pessoa que auxiliou a criança a escrever também pode ser encarada como um instrumento para o mesmo significado.

Os instrumentos e signos possuem a capacidade de transformar a sociedade, e vice-versa. Na década de 1980, eram poucos os que compreendiam o funcionamento de um computador, com métodos de programação ligeiramente complicados, sendo que aqueles que tinham tal conhecimento eram vistos com certa desconfiança. Atualmente ocorre o contrário: aquele que não sabe utilizar um computador é encarado como desatualizado, ou seja, o modo como instrumentos e seus signos são percebidos pode ser drasticamente alterado.

A própria sociedade foi extremamente modificada pela evolução da informática durante os últimos anos, principalmente pelo advento da *internet*, praticamente indissociável da vida urbana atual, que expõe o quanto um instrumento também consegue mudar a sociedade, indicando que tal processo é recíproco. Dessa forma, a transformação da sociedade pode mudar construtos sociais até então vigentes, como hábitos e convenções culturais, acarretando mudanças no processo de aprendizagem.

O desenvolvimento cognitivo é interpretado como a conversão de construtos sociais (instrumentos e signos), decorrentes da interação social em um meio histórico e sociocultural específico, em funções mentais, levando a uma reconstrução interior, denominada *internalização*, que por sua vez propiciará novas interações sociais, que aprimorarão os caminhos que conduzem ao conhecimento, reiniciando o ciclo.

O investigador deve intentar compreender as relações intrínsecas entre as tarefas externas e a dinâmica do desenvolvimento e considerar a gênese dos conceitos como função do crescimento cultural e social global da criança, que não afeta apenas o conteúdo, mas também o seu modo de pensar. (VYGOTSKY, 2001)

Guardadas as devidas proporções, também estamos vivenciando um período de profundas modificações sociais, tal qual Vygotsky experienciou em sua época. A atual revolução tecnológica a qual estamos submetidos interfere desde o modo como lidamos com a informação ao meio como a recebemos, nas transformações dos relacionamentos interpessoais e mesmo nos meios e opções de consumo que fazemos.

Como colocado na introdução da presente dissertação, mesmo com o acúmulo de equipamentos tecnológicos por vezes a população não os interpreta como construtos

científicos, mas sim como objetos capazes de cumprir certas tarefas, como realizar ligações telefônicas, aquecer alimentos ou fotografar. Nesse caso, temos que as interações já estão concretizadas, pois as pessoas se valem desses recursos trivialmente. O problema se concentra em como fazê-las adquirir novos signos para estes novos instrumentos, ou seja, como ressignificá-los.

A interação, então, deve ser conduzida aos ambientes que propiciem a discussão desses conhecimentos. Obviamente não se defende que a escola seja o único lugar de produção de conhecimentos. Todos são igualmente importantes, mas espera-se que tal espaço assuma importância nesse empreendimento.

Nesse ponto, a abordagem histórica é essencial. É preciso mostrar que nosso conhecimento é uma iniciativa humana, intrincada e demorada. Tal mediação é fundamental para explicitar que a construção dos conceitos da Física depende do acúmulo dos trabalhos de diversos pesquisadores e que os recursos atuais só foram providos devido à contribuição de cada um e de todos imbricados nessa teia de conhecimentos. No caso da definição do conceito de luz, parte integrante deste estudo, temos à disposição uma história, não finalizada, com cerca de 2500 anos, baseada majoritariamente nos registros da ciência ocidental.

Vygotsky ainda aponta o domínio da *linguagem* como um dos principais indicativos do desenvolvimento cognitivo. É por meio dela que um aprendiz externaliza os significados por ele captados, permitindo entender se os mesmos condizem com aqueles que seu mediador pretendia que fossem captados. A fala seria o principal marco do domínio da linguagem, representando um salto considerável no processo de aprendizagem de uma criança.

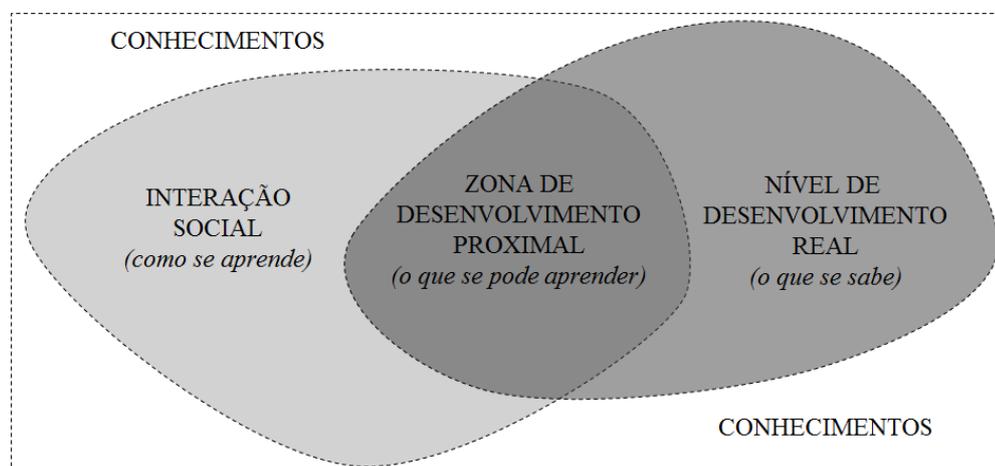


Fig. 3.1: uma representação gráfica para a zona de desenvolvimento proximal.

Outro conceito com grande destaque dentro do sociointeracionismo é o da *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP), definida como o intervalo existente entre o desenvolvimento real de um sujeito (o que ele sabe ou pode fazer sozinho) e aquilo que poderá aprender com o auxílio de alguém (potencialidade para o aprendizado), característica intrínseca da teoria de Vygotsky (ver figura 3.1).

A zona de desenvolvimento proximal não é fixa. Ela pode ampliar-se conforme o indivíduo evolui cognitivamente e ajusta seus métodos para a construção de novas funções mentais. O uso de um equipamento fotográfico, seja um celular ou câmera digital, é sabido pelos estudantes, ou seja, são conhecimentos que compõem seu nível de desenvolvimento real. Dessa forma, acredita-se que a mediação realizada pelo professor, interpretada enquanto interação social, é capaz de enriquecer e estender a ZDP dos discentes à medida que novas interações são propiciadas. O emprego da câmera fotográfica em sala de aula vem contribuir com essa expectativa, ao passo que, ao privilegiar o meio social do estudante, convida-o a participar das interações sociais imperativas às internalizações de conceitos que regulam seu desenvolvimento cognitivo, como se espera observar nesta pesquisa.

3.4. ANARQUISMO EPISTEMOLÓGICO DE FEYERABEND

Imre Lakatos (1993), ao parafrasear Kant, exclamou que “a Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia. A História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega”. Ao decidir tratar da história do conceito de luz em sala de aula, tornou-se necessária a busca por um viés epistemológico que iluminasse a análise das referências bibliográficas pesquisadas, fundamentais para a construção do material didático empregado no minicurso desenvolvido para esta pesquisa e na abordagem dos elementos históricos durante sua aplicação. A epistemologia de Paul Feyerabend forneceu tal aporte.

Reconhecido tanto por sua obra quanto por sua postura polêmica na defesa de suas convicções ideológicas, o físico e filósofo austríaco Paul Feyerabend (1924–1994) elaborou uma epistemologia que tentou expor a *irracionalidade* do racionalismo crítico na análise da evolução das ideias na ciência, indicando que, por vezes, certas crenças pessoais podem sobrepor-se a determinado conjunto de regramentos rígidos que seriam determinantes para a descrição do progresso científico.

Feyerabend foi orientado por Karl Popper, reconhecido filósofo da ciência que deu início a um intenso debate acadêmico sobre a natureza da ciência no início do século passado, na cidade de Londres, durante o período em que usufruiu de uma bolsa após o término de seu doutorado. Nessa época, tomou contato e criou certa admiração pelo racionalismo crítico de Popper, entretanto em pouco tempo adotou uma posição contrária, expondo suas opiniões a respeito das intensões libertárias dessa corrente filosófica.

Há muitas filosofias perigosas por aí. Por que elas são perigosas? Porque contêm elementos que paralisam nosso julgamento. O racionalismo, dogmático ou crítico, não é exceção. É até pior – a coerência interna de seus produtos, a aparente racionalidade de seus princípios, a promessa de um método que possibilita aos indivíduos libertarem-se dos preconceitos e o sucesso das ciências que parece ser a principal realização do racionalismo o dotam de uma autoridade quase sobre-humana. Popper não apenas usava estes elementos como acrescentava um ingrediente paralisante de sua autoria – a simplicidade. (FEYERABEND, 1996 apud MOREIRA e MASSONI, 2011)

O sucesso dos racionalistas, com seus métodos estáticos, se daria pela aliança com uma idealização de sociedade estável. Entretanto, a rigidez e a imparcialidade são duas críticas de Feyerabend. Ele não crê que metodologias lançadas como receitas para a ciência sejam verdadeiramente eficazes, em especial o Método Científico de Bacon e sua almejada neutralidade do cientista, como também formulações mais sofisticadas, como as epistemologias de Popper e Lakatos.

A postura de Feyerabend também remete à importância da História da Ciência para a Epistemologia, apontando que ela não lida somente com fatos, mas também com ideias, interpretações, problemas, erros etc., ou seja, não conduz à imagem caricata do pesquisador indiferente às suas próprias crenças e princípios, característica que se faz extremamente necessária em um ambiente escolar, mas que dificilmente se observa.

Como exemplo, o conceito aristotélico de que a luz seria uma espécie de manifestação ocorrida no meio material no qual a mesma estaria situada (BASSALO, 1986) só foi

formulada por que sua Física, calcada no princípio do movimento, foi elaborada de forma a ajustar-se com sua crença de que todos os corpos presentes no mundo sublunar seriam obrigatoriamente constituídos por aqueles que eram considerados os quatro elementos naturais, a saber, terra, fogo, água e ar. Iniciar esse tipo de discussão propicia ao discente perceber que o conhecimento científico é um construto inerentemente humano, não sobre-humano, e que as ideias se modificam e se renovam com o passar do tempo.

Feyerabend, por meio de investigações e reflexões acerca de pesquisas históricas, conclui que o método empirista-indutivista gera resultados contraditórios quando confrontado com as mesmas, o que produz uma imagem ilusória da ciência e barra seu avanço. Nesse viés, o progresso só ocorreria porque alguns pesquisadores não se limitariam pelas regras ou porque as violariam involuntariamente, burlando a tradição, o que caracterizaria a ciência como uma atividade desarrazoada, sem método único, ou metodologicamente pluralista.

Consequentemente, um ambiente sem regras seria o único ao qual os cientistas reagiriam sem contradizê-las, dada a impossibilidade lógica. Feyerabend pensa que o anarquismo não representa uma boa filosofia política, porém o mesmo não ocorreria para a Epistemologia e/ou Filosofia da Ciência. Essa reflexão levou-o à construção de uma filosofia cuja principal característica é o *anarquismo epistemológico*.

Como ponto central, propõe o princípio do *tudo vale*, uma alternativa à existência de uma metodologia única que, a seu ver, paralisaria o progresso da ciência. Apesar da nomenclatura, deve-se salientar que nem tudo é válido, mas sim procedimentos que vão de encontro à tradição empirista ou racionalista.

Einstein teria exclamado que: “*minha tese é a de que o anarquismo favorece a concretização do progresso em qualquer dos sentidos que a ele se decida emprestar*” (FEYERABEND, 1977). Feyerabend entende que, ao menos em momentos decisivos na ciência, procedimentos contraindutivos (aqueles que se opoiam à rigidez dos métodos indutivos) deveriam ser empregados, uma vez que o livre-arbítrio proporcionado pelo desapego em seguir uma metodologia estática favoreceria a geração de novas ideias e o consequente aprimoramento de conceitos pré-existentes.

Essa seria uma atitude inata, defende ele. A atividade lúdica inicial, da liberdade durante as primeiras aprendizagens, também deveria ser mantida na fase adulta. Dessa forma, o princípio do tudo vale se daria em diferentes estágios do desenvolvimento cognitivo

humano. Esse princípio não é seguido nas escolas, que, via de regra, adotam o modelo piagetiano dos estágios de desenvolvimento ou a tradição behaviorista de Skinner, embora não se assuma isto. Atividades exploratórias são abandonadas à medida que o estudante amadurece pois há o entendimento de que sua capacidade cognitiva é suficientemente apta para lidar com conceitos abstratos. Contudo, não deveria haver a ruptura com situações e materiais concretos:

Frequentemente se dá por aceito que a clara e completa compreensão de novas ideias precede (e deve preceder) sua formulação e sua expressão formal. (A investigação tem como início um problema, diz Popper) Primeiro temos uma ideia; ou um problema; depois agimos, isto é, falamos, construímos ou destruimos. Em verdade, entretanto, esse não é o modo como se desenvolvem as crianças. Usam palavras, combinam essas palavras, com elas brincam até que aprendem um significado que se havia mantido para além de seu alcance. E a atividade lúdica inicial é requisito básico do ato final de compreensão. Não há razão para supor que esse mecanismo deixe de agir na pessoa adulta. Cabe esperar, por exemplo, que a ideia de liberdade só se faça clara por meio das mesmas ações que supostamente criaram a liberdade. Criação de uma coisa e geração associada à compreensão de uma ideia correta dessa coisa são, muitas vezes, partes de um único e indivisível processo, partes que não podem separar-se, sob pena de interromper o processo. (FEYERABEND, 1977 – grifo do autor)

A ideia que Feyerabend traz sobre o desenvolvimento cognitivo entra em consonância com a teoria de Vygotsky, no sentido de entender que a mediação e a interação com o ambiente ao redor são os motores da aprendizagem. Nesse sentido, as diferentes atividades presentes no minicurso desenvolvido ao longo desta pesquisa junto à turma experimental respeitaram esse viés lúdico, como as demonstrações experimentais e o convite para participar das mesmas, em determinados casos. A manipulação da fotografia também se encaixa nesse perfil. O alunado teve a oportunidade de construir câmeras fotográficas do tipo *pinhole*, manipulá-las e, em uma das ocasiões, realizar a revelação das fotografias registradas, mantendo a teoria e a prática alinhadas.

No que concerne a História da Ciência, a qual se entende inseparável da ciência, Feyerabend infere ser a mesma essencial para seu desenvolvimento e para fomentar novas teorias. É justamente pela comparação entre uma ideia com teorias alternativas de outros autores para um mesmo princípio, ao invés de rechaçá-las inicialmente, que um pesquisador consegue aperfeiçoar sua construção original. Essa é a base do seu *pluralismo epistemológico*.

A metodologia pluralista possibilita uma atitude contraindutivista que não apenas poderia, mas que deveria ser tomada mesmo contra teorias que sejam aceitas a longo tempo, inclusive aquelas que por ventura estejam amparadas por resultados experimentais, desde que existam hipóteses consistentes que embasem essa confrontação. É o que teria feito Galileu Galilei (1564–1642), conforme defende em seu *Contra o Método*, ao desafiar a física aristotélica e o sistema planetário ptolomaico. É assim que a ciência progride, segundo esse epistemólogo.

O resgate de convicções antigas, retomadas pela investigação histórica, auxilia no desenvolvimento da ciência, ao confrontar-se com ideias mais recentes. Ainda para Feyerabend, a constituição de uma pluralidade de concepções teria sido relevante na adoção por Copérnico de um sistema cosmológico que colocasse o astro mais imponente – o Sol – ao centro, o que teria partido da comparação de suas crenças com a revisão de escritos pitagóricos e com o modelo planetário ptolomaico, então vigente. Para justificar o contraindutivismo, Feyerabend (1977) executa, por meio de narrativas históricas, uma extensa análise interpretativa do que chama “Epistemologia de Galileu”. Galileu teria dito que: “*Não me inclino (com efeito) a comprimir doutrinas filosóficas em espaços acanhadíssimos e a adotar aquele estilo rígido, conciso e desgracioso (...)*” (*ibid.*, p. 103).

Outro fator importante para o anarquismo epistemológico é a *incomensurabilidade* das teorias científicas que entram em cena nos momentos de grandes avanços da empresa científica, o qual, apesar da nomenclatura e de guardar algumas semelhanças, é diferente do conceito estabelecido por Thomas Kuhn. A incomensurabilidade de Feyerabend considera que o contexto no qual determinado conceito foi elaborado é obrigatoriamente diferente de um contexto posterior, quando o mesmo conceito é reinterpretado. Essa característica implica que, em determinadas ocasiões, tais contextos podem ser tão adversos que a comparação entre os conceitos formulados se torna impraticável.

Os sentidos e interpretações dos conceitos e as proposições de observação que os empregam dependerão do contexto teórico em que ocorram. Em alguns casos, os princípios fundamentais de duas teorias rivais podem ser tão radicalmente diferentes que não é nem mesmo possível formular os conceitos básicos de uma teoria nos termos da outra, com a consequência que as duas rivais não compartilham das proposições de observação. Nestes casos não é possível comparar logicamente as teorias rivais. (CHALMERS, 1999)

Diante de todo o exposto, é intolerável concordar com o fato de que a Física tratada nos cursos tradicionais seja exibida como um produto finalizado e exitoso, contrapondo-se ao que sua própria história demonstra. Tal situação é ainda mais preocupante no Ensino Básico, pois sabidamente a ampla maioria dos estudantes dificilmente possui iniciativa própria para realizar tal investigação, algo perfeitamente compreensível frente às preocupações da adolescência, porém não desejável do ponto de vista docente. Desse modo, o convite à História e Epistemologia da Ciência é imprescindível para a concepção de uma nova postura científica.

Uma vez apresentada a fundamentação teórico-epistemológica subjacente à pesquisa que está sendo descrita nesta dissertação, passa-se agora aos procedimentos metodológicos.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 ESTRUTURA DO PROJETO DE PESQUISA

A presente pesquisa consistiu na elaboração e execução de um minicurso sobre Óptica e, introdutoriamente, sobre conceitos relacionados à Física Moderna e Contemporânea, para estudantes de Ensino Médio. Como ponto de partida, foi eleito o enfoque histórico da evolução do conceito de luz, privilegiando conceitos físicos indispensáveis a sua formação e ao seu aperfeiçoamento, valendo-se subsidiariamente da história da fotografia. Também foram empregados conceitos de Física fundamentais ao funcionamento de câmeras fotográficas, tanto analógicas quanto digitais, além do próprio uso da fotografia em sala de aula, em ambas as modalidades, como recurso didático visando uma melhoria da motivação e da aprendizagem da Física.

Os atores sociais da pesquisa foram estudantes do Ensino Médio de escolas públicas da rede estadual de educação do Rio Grande do Sul. A aplicação de um minicurso se deu em duas oportunidades, em escolas distintas, o que resultou em dois estudos: um Estudo Preliminar e um Estudo Complementar. O primeiro ocorreu em formato exploratório e teve como finalidade recolher indícios que pudessem contribuir para o aperfeiçoamento do material e da abordagem adotada, que implicou a segunda aplicação, visando confrontar os entendimentos provenientes do primeiro estudo em um contexto diferenciado.

Foram eleitas duas turmas por escola. Em cada caso, uma turma foi tomada como *turma experimental* e a outra como *turma de controle*, sempre sob a regência do mesmo professor. O minicurso foi aplicado unicamente à turma experimental, sendo a turma de controle assistida paralelamente através de aulas preferencialmente pensadas em formato tradicional. Os tópicos de Óptica tratados em ambas as turmas, nos dois estudos, foram predominantemente os mesmos, pois estes não compõem o objeto de estudo do presente trabalho, mas sim sua abordagem. Dessa forma, somente a turma experimental foi submetida ao enfoque no qual o ensino da Óptica esteve pautado pela evolução histórica do conceito de luz e suas contribuições à Física e à sociedade, pelo uso da fotografia, dos princípios físicos relacionados ao funcionamento de câmeras fotográficas analógicas e digitais e pelo registro das imagens, ambas possibilitando o vislumbre de conceitos da FMC, sendo tal tópico, portanto, um desdobramento da escolha da abordagem em pauta.

Junto à turma de controle, por sua vez, foi realizada uma intervenção através de aulas sobre Óptica, ministradas de forma cuidadosa no sentido de seguir a estrutura do currículo tradicional, ou seja, implicando o privilégio da Óptica Geométrica, durante o tempo necessário para a realização do minicurso. Tal procedimento se deu justamente para fins de comparação e avaliação do êxito ou insucesso da estratégia proporcionada à turma experimental. O objetivo foi o de reduzir o número de variáveis que pudessem induzir a resultados não confiáveis durante o comparativo que foi tomado entre as diferentes abordagens. Por tal motivo, a turma de controle também foi beneficiada com apresentações de *slides*, demonstrações de experimentos e exposições dialogadas, mas de forma alguma foi contemplada com o enfoque histórico à Óptica bem como não houve a utilização da fotografia, pois estes foram os objetos centrais do estudo e que garantiram a legitimidade pleiteada à pesquisa.

Também foi elaborado um questionário contendo dez questões, das quais sete eram do tipo múltipla escolha e três foram perguntas abertas. Esse questionário foi submetido à avaliação pelos pares por dois professores-pesquisadores do Instituto de Física da UFRGS. Uma vez validado foi utilizado nos dois estudos como pré-teste e pós-teste, tanto nas turmas experimentais como nas de controle. O objetivo principal esteve em assegurar a equidade das turmas, dado que na realidade escolar torna-se impraticável fazer uso de métodos de escolha aleatória dos sujeitos de pesquisa, uma vez que as turmas são definidas por critérios das próprias escolas.

A versão experimental do minicurso foi esquematizada com o propósito de totalizar treze horas-aula, conforme previsto no projeto de pesquisa, para o desenvolvimento das atividades, ainda baseado no modelo de três horas-aula semanais para a Física, realidade alterada durante o curso da pesquisa. Cabe salientar que a flexibilidade para essa carga horária foi inicialmente considerada, devido aos afazeres inerentes ao funcionamento escolar ou mesmo feriados. A tabela 4.1 esquematiza as atividades para cada um dos nove encontros pretendidos com a turma experimental e de controle.

Tabela 4.1: esquematização do planejamento inicial das atividades para a turma experimental (minicurso) e para a turma de controle (intervenção).

ENCONTRO (horas-aula)	TURMA EXPERIMENTAL: DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES	TURMA DE CONTROLE: DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES
1º (1 h-aula)	Apresentação da proposta do minicurso. Conversa com a turma a respeito da atividade, seguida da aplicação do pré-teste.	Apresentação da proposta da intervenção. Conversa com a turma a respeito da atividade, seguida da aplicação do pré-teste.

<p>2º (2 h-aula)</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre aspectos da Óptica, como a relação da luz com o cotidiano, aspectos da Óptica Geométrica, como reflexão e refração, e fenômenos como difração e interferência luminosa, todos permeados pela evolução histórica do conceito de luz, por meio de apresentação de <i>slides</i>, intercalada com demonstrações experimentais.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre princípios da Óptica, como definição da luz enquanto onda eletromagnética, velocidade da luz, princípios da Óptica Geométrica e Ilusões de Óptica, através de apresentação de <i>slides</i>, intercalada com demonstrações de experimentos.</p>
<p>3º (1 h-aula)</p>	<p>Prosseguimento de exposição didática e dialogada sobre a evolução histórica do conceito de luz e introdução a tópicos de FMC (efeitos fotoelétrico e fotovoltaico; dualidade onda-partícula da luz), com apresentação de <i>slides</i>.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre espelhos planos, através do uso de quadro e giz, sobre espelhos planos e suas características, seguida de resolução de exercícios e situações-problema.</p>
<p>4º (2 h-aula)</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre lentes, refração e fotografia analógica, através de apresentação de <i>slides</i>, intercalada com demonstrações de experimentos sobre lentes e formação de imagens, refração e câmara escura, trazendo a origem e evolução histórica da fotografia analógica, permeada por conceitos da Óptica e da FMC.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre espelhos esféricos, suas características e formação de imagens, com quadro e giz, seguida de resolução de exercícios e situações-problema.</p>
<p>5º (1 h-aula)</p>	<p>Exposição didática e dialogada e atividade exploratória envolvendo fotografia analógica, por meio da construção pelos estudantes, organizados em grupos, de câmeras fotográficas do tipo <i>pinhole</i>, utilizando como roteiro artigo de Souza, Neves e Muramatsu (2007).</p>	<p>Continuação da exposição didática e dialogada sobre espelhos esféricos, com a realização de situações-problema e exercícios sobre formação de imagens com espelhos esféricos.</p>
<p>6º (2 h-aula)</p>	<p>Exposição didática e dialogada e atividade exploratória envolvendo fotografia digital, com discussão de sua história e funcionamento, retomando conceitos da Óptica e da FMC, através de apresentação de <i>slides</i> e uso de equipamentos fotográficos digitais pelos estudantes, em grupos.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre lentes esféricas, suas característica e formação de imagens, por meio de quadro e giz.</p>
<p>7º (1 h-aula)</p>	<p>Exposição didática e dialogada e atividade exploratória envolvendo fotografia analógica, por discussão acerca do funcionamento e pelo uso das câmeras fotográficas <i>pinhole</i>, em grupos, dos aparatos construídos durante o 5º encontro.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre lentes esféricas. Realização de situações-problema e exercícios sobre formação de imagens com lentes.</p>
<p>8º (2 h-aula)</p>	<p>Apresentação e discussão pelo grande grupo dos trabalhos com fotografia desenvolvidos pelos estudantes durante o minicurso.</p>	<p>Exposição didática e dialogada sobre cores e fenômenos ópticos relacionados, privilegiando a concepção ondulatória da luz, por meio de apresentação de <i>slides</i> e demonstrações experimentais.</p>
<p>9º (1 h-aula)</p>	<p>Encerramento das atividades com os estudantes. Finalização das atividades com a realização do pós-teste e questionário de avaliação do minicurso.</p>	<p>Encerramento das atividades com os estudantes. Finalização das atividades com a realização do pós-teste e questionário de avaliação da intervenção.</p>

Carga Horária Total: 13 horas-aula

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

A elaboração do material didático empregado tanto no minicurso destinado à turma experimental quanto na intervenção diferencial ocorrida na turma de controle também integralizou os trabalhos da pesquisa. Os instrumentos construídos não consistem em nenhum ineditismo para o ensino de Física, mas sua constituição estava intimamente ligada aos objetivos da investigação.

As aulas fornecidas à turma de controle, pela caracterização do projeto, não poderiam fugir do lugar comum do enfoque tradicional dado à Óptica quando se está no Ensino Médio, como já referido. Dessa forma houve o privilégio da Óptica Geométrica, destinada à descrição da formação de imagens em equipamentos que envolvam espelhos e lentes ou somente orifícios, como a câmara escura.

O uso do quadro também ocorreu de forma mais intensa, sendo o recurso mais aproveitado, bem como a exploração de exercícios para construção de imagens através da utilização dos raios principais com o emprego de réguas, comumente ensinados na Óptica Geométrica e presente nos livros texto, além do aparato matemático, como as equações do construtor de lentes/espelhos e da ampliação. Contudo, apresentações de *slides* e demonstrações experimentais foram conduzidas em duas ocasiões. Na primeira, foram abordados conceitos iniciais da Óptica, como a representação da luz por raios luminosos, explicações sobre o funcionamento do olho humano, aspectos relacionados às ilusões de óptica e a definição de luz enquanto onda eletromagnética. Na segunda oportunidade foi realizada uma apresentação sobre cores, na qual foram apresentados os modelos aditivo e subtrativo.

A construção dos materiais empregados junto à turma experimental, por sua vez, foi mais laboriosa do que a da turma de controle, pois não havia o suporte fornecido pelo enfoque tradicional, tomando-se o cuidado para que sua elaboração atendesse a todas as prerrogativas da pesquisa, sendo estas o uso da História da Física como elemento motivador e elucidativo do processo de construção da ciência, além da abordagem da fotografia e sua história, ambos de maneira a conduzir à compreensão de fenômenos físicos da Óptica e da FMC.

Foram construídas quatro apresentações de *slides* distintas (Apêndice IV), porém relacionadas entre si, que compuseram o principal norteador das atividades. Foi a partir dessas

sequências que discussões foram eliciadas e que o uso de experimentos, por demonstrações e de modo exploratório, foram propostos.

A primeira das apresentações foi a mais extensa dentre as quatro, pois discorria a evolução histórica do conceito de luz, partindo da construção dos primeiros princípios ópticos, ainda na Grécia Clássica, com referências aos pitagóricos, platônicos, atomistas e aristotélicos e a formulação geométrica por Euclides, passando pela disputa entre as concepções corpusculares e ondulatórias na Idade Moderna, capitaneadas respectivamente por Newton e Huygens, chegando até o final do século XIX, com o triunfo dos trabalhos de Maxwell e das ondas eletromagnéticas. Essa primeira apresentação desencadeava a segunda sequência de *slides*, que narrava, de maneira qualitativa, eventos do efeito fotoelétrico, conduzindo à dualidade onda-partícula para a radiação eletromagnética.

Ambas as atividades estiveram permeadas por experimentos, principalmente para discussão de fenômenos da Óptica Geométrica e, mesmo naqueles onde a principal exposição seria por demonstrações, os estudantes foram convidados a prestar algum auxílio, com o intuito de tornar a aula mais dinâmica, algo que as apresentações de *slides*, por si só, não são suficientemente capazes de oferecer. Aulas expositivas também foram tomadas em alguns pontos, sobretudo para a explicação das leis da reflexão e de Snell, havendo um desejável revezamento com as exposições dialogadas proporcionadas pelos *slides*.

As atividades até aqui trazidas representaram a primeira metade do minicurso, onde o enfoque histórico para o conceito de luz ocorreu de maneira mais veemente. A segunda metade destinou-se à história da fotografia e aos fenômenos físicos relacionados a câmeras analógicas, o que compôs a terceira apresentação de *slides*, e digitais, constituindo a quarta e última apresentação.

Aproveitando-se da similaridade dos princípios ópticos e da FMC presentes no funcionamento de ambas as modalidades de câmeras fotográficas, optou-se por uma exploração mais intensa da fotografia analógica, pois a mesma permitiria acompanhar o passo a passo da obtenção e registro das imagens com maior proximidade, havendo assim o emprego de câmeras *pinhole*, ou fotografia estenopecica, conforme a ortografia lusitana.

As câmeras *pinhole* (do idioma inglês, *pin* significa alfinete e *hole* representa buraco) são dispositivos fotográficos externamente idênticos a câmaras escuras, porém com a relevante diferença de que em seu interior é disposto um material fotossensível, como filmes

ou papéis fotográficos, o qual captura a imagem projetada pelo orifício, sendo necessário, por fim, procedimentos de revelação e fixação da imagem para finalização da fotografia.

Apesar da descrição simplista, o domínio sobre as técnicas da fotografia estenopeica depende do exercício do fotógrafo, algo adquirido somente pela prática, além do respeito às etapas da construção da câmera e da revelação, conforme descrito em Souza, Neves e Muramatsu (2007). Mesmo assim, é possível apropriar-se dos princípios básicos em poucos dias. Para isso, o pesquisador participou de cursos oferecidos gratuitamente na Casa de Cultura Mario Quintana, em Porto Alegre, os quais foram essenciais para sua formação docente e para a execução desta mesma atividade junto aos estudantes.

Paralelamente às diligências do projeto de pesquisa, o ano letivo seguia em curso, o que tornava necessária a avaliação dos estudantes. Para manter a coesão, as mesmas ocorreram de maneira a respeitar a continuidade da pesquisa, acarretando uma avaliação pautada pela resolução de exercícios geométricos e algébricos para a turma de controle, atividade também aproveitada para a turma experimental, porém a mesma contou com outras formas de avaliação, como redação de textos e a participação em atividades experimentais, como o emprego da fotografia *pinhole*.

A coleta dos dados ocorreu através de diferentes instrumentos, durante todo o processo de execução do projeto de pesquisa. A análise dos mesmos foi tomada tanto de forma quantitativa quanto qualitativa, a qual dependeu da natureza desses dados. Resumidamente, por meio do pré-teste, pós-teste e questionários de avaliação foram extraídos dados que serviram de base à análise quantitativa. Por sua vez, a análise interpretativa também se deu sobre os registros destes testes, contudo possuiu uma base maior de dados, a contar pelos diários de campo, trabalhos escolares, gravações em áudio e fotografias feitas pelos estudantes e pelo pesquisador. Por conseguinte, a análise qualitativa teve maior ênfase no decorrer do trabalho.

4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o planejamento desta pesquisa, o delineamento adotado segue o ordenamento do tipo *quase-experimental* proposto por Campbell & Stanley (1963, *apud* MOREIRA, 2011.a), conforme esquema da figura 4.1:

$$\begin{array}{ccc} O_1 & X & O_2 \\ O_3 & & O_4 \end{array}$$

Fig. 4.1: delineamento do tipo quase-experimental proposto por Campbell & Stanley (1963).

Seguindo a notação da referência, O representa uma observação e X o tratamento empregado, onde cada linha representa uma amostra. O índice numérico indica que cada amostra foi submetida à observação em diferentes momentos, dessa maneira, na primeira linha há uma amostra que foi concomitantemente observada com outra, indicada na segunda linha. A amostra da primeira linha, após observação inicial (O_1) esteve submetida a determinado tratamento experimental X e foi novamente observada após esse tratamento (O_2). Já na segunda linha temos uma amostra que não foi submetida ao tratamento, sendo somente observada ao início (O_3) e ao final (O_4) da fase de coleta de dados da pesquisa.

Para a presente pesquisa, esquematicamente representada na figura 4.2, a primeira linha designa a turma experimental e a segunda a turma de controle. O_1 e O_3 representam a primeira observação em cada turma, a qual se deu pelo pré-teste, e O_2 e O_4 são a última observação, configurada pelo pós-teste. X é o tratamento que diferencia a turma experimental e a de controle, no caso em questão, o minicurso que emprega a evolução histórica do conceito de luz e o uso da fotografia como subsídios para o ensino da Óptica.

$$\begin{array}{l} \text{Turma Experimental: } O_1 \quad X \quad O_2 \quad X = \text{minicurso} \\ \text{Turma de Controle: } O_3 \quad O_4 \end{array}$$

Fig. 4.2: identificação das turmas experimental e de controle junto ao delineamento do tipo quase-experimental de Campbell & Stanley (1963), adotado na presente pesquisa.

Este plano experimental é muito usado na pesquisa em educação, faz uso de pré-teste e pós-teste aos grupos experimentais e de controle, mas os mesmos não possuem equivalência amostral, ou seja, não são escolhidos aleatoriamente, como já citado, e é isto que o torna “quase” experimental. Isto se deve às próprias características das classes escolares, que são coletivos naturalmente reunidos e tão semelhantes quanto a situação possa permitir.

O pré-teste foi tomado com o objetivo de se vislumbrar o nível de conhecimento dos estudantes a respeito da Óptica. Esse instrumento foi composto por dez questões: sete eram

questões de múltipla escolha, com temática específica à Óptica; três foram questões do tipo discursiva, a partir das quais os estudantes tiveram a oportunidade de transmitir impressões sobre temas relacionados ao seu dia a dia e que possuíam relação com a Óptica.

Para o pós-teste foi utilizado o mesmo instrumento do pré-teste. A finalidade, além de avaliar possível melhora junto ao reconhecimento dos conceitos, esteve em observar se houve a contextualização destes mesmos conceitos para a sua vivência, o que foi abordado pelas questões discursivas. O instrumento utilizado como pré-teste e pós-teste foi validado por especialista em Óptica, no que se refere à validade do conteúdo.

Torna-se importante salientar que o foco do presente projeto de pesquisa não esteve centrado apenas na comparação de resultados, embora esta também tenha sido considerada, ainda que em menor relevância. A análise se deu igualmente de forma descritiva, relatando as condições que puderam conduzir a cenários distintos durante a execução do minicurso.

A base metodológica para a análise qualitativa foi fornecida pela Teoria Fundamentada de Anselm Strauss (STRAUSS e CORBIN, 2008 *apud* MASSONI, 2013), que esteve em consonância com o anseio desta pesquisa, que foi o de descrever os acontecimentos e eventuais achados, tendo em vista que as condições descritas jamais se repetirão. Contudo, através da unicidade de cada evento é possível extrair determinados conceitos e padrões que se regulam com outros, provocando com que pesquisadores que optem pela análise interpretativa auxiliem e sejam auxiliados pelos demais.

Serão apresentados somente os pontos da Teoria Fundamentada que se tornaram centrais para análise dos dados, sendo a mesma mais complexa do que o descrito. O primeiro ponto foi a *microanálise*, que tem princípio na leitura minuciosa dos dados, como os registros dos diários de campo, questionários opinativos e instrumentos de avaliação. Durante a microanálise, são anotadas as *reflexões* que germinam através da primeira leitura, em formato de *memorandos*, que por sua vez servem de base para a *conceitualização*, sendo necessárias novas revisões e releituras meticulosas do material coletado para que a construção dos conceitos se inicie, pela comparação entre ideias similares ou concorrentes.

O pesquisador também deve lançar alguns *questionamentos* que guiarão a análise, sobretudo para os registros tomados pela arguição dos atores sociais envolvidos, buscando construir uma ideia do que de fato se quis transmitir com certa mensagem, fundamentais para o enriquecimento de uma teoria que resulta da análise, ou seja, uma tentativa de explicação

dos eventos observados e vivenciados. Tais questionamentos levam em conta, por exemplo, o contexto histórico-cultural destes indivíduos e os diferentes significados que determinado termo pode possuir entre meios sociais distintos, uma importante aproximação com o construtivismo de Vygotsky.

A *codificação* dos dados assume papel importante para a Teoria Fundamentada, pois funciona como um filtro para as informações já obtidas. Durante o processo de *codificação aberta* há a identificação e classificação dos conceitos elaborados anteriormente, o que permite a criação de categorias de conceitos. Em um segundo momento se dá a *codificação axial*, quando as categorias são analisadas em torno de um eixo temático, geralmente relacionado ao problema da pesquisa, iniciando sua conclusão.

Concomitantemente, descrições situacionais devem ser tomadas com o intuito de dar suporte à análise interpretativa e convencer o leitor de que os argumentos levantados na contextualização ou teorização são coerentes com a vivência experimentada. Nesta etapa, registros como fotografias, transcrições, desenhos, dentre outros, exercem a função de materiais auxiliares.

Os registros para a análise interpretativa foram recolhidos através do diário de campo elaborado pelo pesquisador para ambas as turmas, experimental e de controle, onde foi minuciado cada um dos encontros, através de relatos escritos e fotografias. Também foi solicitado para ambas as turmas, no término das atividades, que preenchessem um questionário relatando suas impressões e opiniões a respeito do minicurso ou da intervenção, o que, em conjunto com as gravações em áudio de alguns encontros e as fotografias tiradas pelos estudantes, buscaram transmitir as impressões da perspectiva dos atores sociais.

Em suma, pode-se dizer que este projeto pretende saber se o minicurso desenvolvido para a turma experimental, que trata da evolução histórica do conceito de luz, com respaldo do anarquismo epistemológico de Feyerabend, e do uso da fotografia analógica e digital, foi um instrumento eficaz para compartilhar conhecimentos entre meios distintos sem comprometimento de seus significados, de acordo com o sociointeracionismo de Vygotsky, além de permitir a aprendizagem significativa, conforme o construtivismo de Ausubel, em comparação com a intervenção preparada para a turma de controle, que também contou com *slides* e pequenas demonstrações experimentais, mas seguiu o modo tradicional da Óptica, o que se espera verificar a partir das respostas construídas para as questões de pesquisa.

5. ESTUDO PRELIMINAR

5.1 INTRODUÇÃO

A aplicação preliminar do projeto de pesquisa até aqui apresentado ocorreu entre o período de 20 de junho e 17 de agosto de 2012, em uma escola estadual com Ensino Fundamental e Médio na cidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul. Devido ao histórico de bom relacionamento do pesquisador com este estabelecimento de ensino, acreditou-se que dificilmente surgiriam empecilhos para pôr o projeto em prática, como se confirmou.

A escola, de porte entre pequeno e médio, está localizada em um bairro em torno de vinte quilômetros do centro da cidade, estando perto da zona rural do município. Desse modo, recebe alunos tanto de seu entorno quanto de localidades mais afastadas, sendo estes últimos dependentes do transporte escolar público, embora não configurem a maioria dos estudantes.

Possuía cerca de dez salas de aula, além de biblioteca, refeitório, laboratório de ciências e uma sala de vídeo que dividia espaço com poucos computadores, o que também configuraria um laboratório de informática. As salas de aula estavam geralmente limpas e bem cuidadas, com poucos sinais de depredações ou efeitos da ação do tempo, assim como não foram observadas nenhuma grande dificuldade de relacionamento entre os estudantes e/ou professores durante o período de convivência do pesquisador.

No ano de 2012, o turno da manhã, no qual foram desempenhadas as atividades de investigação, contava com quatro turmas de ensino médio, estando divididas em dois primeiros anos e apenas um segundo e um terceiro ano, todos sob a regência de uma mesma professora de Física. Dessa forma, o planejamento inicial, de se utilizar duas turmas do mesmo ano, necessitou modificações, já que o ensino de Óptica usualmente se dá no segundo ano. Reconhecidas as condições, foram tomados o segundo e o terceiro ano como turma experimental e de controle, respectivamente, a fim de que a suposta vantagem cognitiva dos estudantes com idade maior não constituísse um fator favorável para o projeto, estando a média de idade desses adolescentes em 16,75 anos na turma de controle e 16 anos na turma experimental. Outro fator de relevância é que ambas as turmas pesquisadas possuíam três horas-aula semanais de Física, realidade já não encontrada nos primeiros anos da referida escola, que tinham somente duas horas-aula.

É importante ressaltar que, apesar da turma de controle ser formada por estudantes do terceiro ano, os mesmos não haviam estudado Óptica no ano anterior, devido ao extenso e irregular currículo tradicionalmente trabalhado no segundo ano do Ensino Médio, o qual pode incluir tópicos referentes a Trabalho e Energia, Hidrostática, Física Térmica, Ondas e, finalmente, Óptica, o que corriqueiramente resulta na supressão desta última área, como repetidamente colocado. Dessa maneira, acredita-se que, caso não houvesse ocorrido a presente pesquisa na escola em questão, esses estudantes, provavelmente, não realizariam atividades formais a respeito do estudo da luz.

Anteriormente, entre o final do mês de abril e meados de junho, foram executadas cinco observações *in loco*, as quais permitiram não só coletar as informações fornecidas nos parágrafos anteriores como conhecer um pouco das duas turmas que receberam o projeto. Com a submissão ao pré-teste, teve-se indícios de que o conhecimento em Óptica das duas turmas era equivalente antes do início do teste (este aspecto será abordado na seção 5.4), estando o único conhecimento apropriado de maneira indubitável em reconhecer a relação entre reflexão da luz e espelhos. Contudo, a refração da luz, seu envolvimento com a visão e, principalmente, a definição da luz eram saberes pouco evidenciados.

Na próxima seção serão relatados os eventos ocorridos em cada aula durante a realização do Estudo Preliminar que compôs a presente pesquisa. Optou-se por descrever paralelamente o que sucedia tanto na aplicação do minicurso junto à turma experimental quanto na intervenção na turma de controle, pois o pesquisador, assumindo o papel de professor, atendeu as duas turmas concomitantemente. Desta forma, o relato se torna mais verossímil, buscando transmitir com mais clareza seu ponto de vista durante este trabalho.

5.2 RELATOS DAS ATIVIDADES DE CAMPO

DIA 01 – 20/06/2012

Aula 01 – Turma de Controle

Quando o pesquisador chegou à escola identificou-se na secretaria, localizada próxima à principal entrada, onde foi permitida sua entrada. Dirigiu-se para o prédio onde fica a sala de aula da turma de controle. Como ainda não havia tocado o sinal para o terceiro período,

quando entraria na turma, esperou alguns minutos no corredor. Durante esse intervalo, uma aluna o cumprimentou e perguntou se a professora de Física estava em outra sala de aula. Respondeu que ela estava em uma turma do primeiro ano, em outro prédio.

Pouco após tocar o sinal a professora de Física apareceu no prédio, subindo as escadas. Cumprimentou-o e indagou se começaria as atividades naquele dia, o que ocorreria na semana anterior, não sendo possível devido à chuva intensa e ao baixo quórum de alunos na data. Respondeu que sim e seguiu até a sala de aula, cercado pelos estudantes que faziam o mesmo.

Logo na entrada a professora de Física exclamou que o pesquisador já poderia assumir a turma. Ele esperou alguns minutos enquanto uma aluna conversava com a professora. A sala de aula comportava confortavelmente os pouco mais de vinte alunos presentes naquele dia, dispostos em suas classes organizadas em filas duplas, estando alguns assentos vagos. Possuía paredes pintadas em cor-de-rosa, um extenso quadro de giz, um ventilador de teto e amplas janelas do tipo basculante, no qual pendiam algumas cortinas com a mesma cor que as paredes. Também havia uma câmera de monitoramento em perfeito funcionamento próximo ao teto, sobre a porta.

Ao perguntar se poderia começar suas atividades, a professora comentou que o apresentaria. Disse para a turma que o pesquisador estava fazendo um mestrado e que por este motivo desenvolveria juntamente à escola seu projeto sobre Óptica Geométrica, por tal motivo assumiria as aulas até as férias do meio do ano (àquela altura, provável data final, o que não se concretizou). Dadas as circunstâncias, falou que os estudantes tirariam “férias” dela, o que gerou comentários espirituosos entre os alunos, aparentemente satisfeitos com a situação que se iniciava, possivelmente por não ter aulas com a professora.

A professora retornou ao seu lugar. O Pesquisador complementou a introdução e em seguida entregou autorizações para assinatura dos responsáveis, explicando que as mesmas seriam necessárias para o uso das imagens e relatos que seriam registrados, o que foi aceito pelos discentes.

Logo após, disse que eles fariam um teste sobre Óptica. Explicou que, embora ainda não tivessem estudado tal área formalmente, teriam conhecimentos vindos de seu cotidiano e assim poderiam responder a todas as questões, ainda que não houvesse total clareza. Informou também que não seria necessário identificar-se, assim teriam mais liberdade para responder às perguntas, principalmente as dissertativas, bem como avisou que aquela atividade não valeria

nota alguma. Não houve nenhum protesto por parte dos estudantes, que estavam atentos e consentiram com todas as instruções fornecidas. Em seguida foram entregues os testes.

Durante a resolução do pré-teste, uma aluna perguntou ao pesquisador o que significava “*difração*”, que lhe disse não poder responder naquele instante. Logo em seguida, outra aluna exclamou em voz alta, mas de forma aparentemente despreocupada, “*tá muito difícil*”, rindo em seguida.

A atividade seguiu calmamente. Um aluno perguntou o que significava “*oriunda*”, lhe sendo dito. A seguir, uma aluna questionou o que era “*refração*”, e novamente o pesquisador respondeu que não poderia explicar. O aluno anterior fez pergunta semelhante sobre a expressão “*ao léu*”, a qual foi informada. Tais perguntas salientam que, ao menos para esse estudante, a comunicação formal pode ter gerado um obstáculo maior que o reconhecimento de conceitos, haja vista que ele, bem como seus colegas, nunca havia estudado Óptica.

Foi observado que alguns alunos já haviam terminado o teste, porém o mesmo não foi recolhido até que uma aluna se levantou e devolveu seu questionário. Cerca de metade da turma repetiu o exemplo de sua colega. Dessa forma, seguiram-se algumas conversas paralelas, muitas sobre o que haviam respondido no pré-teste, mas de forma a não atrapalhar os demais. Alguns desses estudantes solicitavam certas respostas, mas sempre era lembrado que ainda não era possível fornecê-las.

Enquanto isso, os demais concluíam a atividade. Uma aluna devolveu o teste dizendo que não havia conseguido resolver a questão quatro, dissertativa. Foi pedido para que ela escrevesse o que lhe viesse à mente como resposta. Ela resistiu um pouco e pareceu confusa, argumentando que não sabia a resposta, mas o pesquisador solicitou para que ela fornecesse algum retorno, atendendo ao pedido.

Às dez horas em ponto, um aluno perguntou se eles poderiam sair para o recreio, pois faltavam apenas cinco minutos para tocar o sinal. Respondido que sim, cerca de doze estudantes deixaram a sala de aula, permanecendo alguns conversando entre si e apenas quatro concluindo o pré-teste.

Os poucos alunos que ainda estavam na sala terminaram de responder o teste, sendo que uma aluna perguntou, embora já tivesse salientado, se precisaria colocar seu nome. Foi

informado que não era necessário, contudo, se quisesse, não haveria problema. Ela se identificou e logo se iniciou o intervalo.

Memorando 01C: aula marcada pela interação por parte do pesquisador com o ambiente físico e social da escola e da sala de aula, assim como dos estudantes com o pesquisador. As atitudes dos alunos foram de expectativas positivas em relação à mudança nas aulas, o que a professora da turma denominou de “férias” em relação a ela própria. Reagiram com certa estranheza e curiosidade a alguns conceitos trazidos no pré-teste.

Aulas 01 e 02 – Turma Experimental

O pesquisador dirigiu-se até a sala da direção, local onde ficavam guardados o projetor *datashow* e a tela para a projeção. A professora de Física entregou o material, porém não pôde seguir para a sala de aula.

Ao chegar à sala o pesquisador cumprimentou os poucos alunos que lá se encontravam. Os alunos perguntaram se ele daria aula, tendo respondido que sim, houve uma comedia comemoração pelos presentes. A sala de aula possuía as mesmas características da ocupada pela turma de controle, como dimensões, disposição e número de alunos, tendo apenas cores diferentes nas paredes, nesse caso amarelo.

Como a maioria ainda não estava no local, foram montados os equipamentos para a projeção. Concomitantemente, os alunos iam chegando e fazendo a mesma pergunta (se o pesquisador daria aula), até que uma aluna, que recém entrara, disse que seus colegas não estavam em sala porque esperavam pela professora no corredor. Essa aluna chamou os demais, demonstrando solidariedade com a situação inusitada para eles.

O pesquisador apresentou-se e informou que assumiria as aulas por algumas semanas. Os alunos fizeram uma pequena comemoração, dessa vez com alguns aplausos. Da mesma maneira como na turma de controle, explicou sobre o mestrado, o projeto e finalmente sobre o teste, retomando as recomendações sobre a não identificação e o caráter individual do questionário, destacando que o mesmo não seria avaliado, assim comentou que não era necessário “colar”, já que não valia nenhum ponto, o que despertou alguns risos, principalmente de um aluno do fundo da sala que concordou espontaneamente com a observação. Também foi dito que eles só teriam a duração de um período para resolvê-lo (já que o mesmo tempo foi disponibilizado para a turma de controle).

Os testes foram entregues e iniciou-se a resolução, havendo assim algum silêncio durante os minutos iniciais. O pesquisador aproveitou o tempo para ligar seu computador ao projetor, e assim concluir a instalação. Terminada a montagem, um grupo de estudantes lhe perguntou qual era a banda que estava no plano de fundo da área de trabalho do computador, mostrando curiosidade acerca do pesquisador, ou somente buscando estabelecer contato. Respondido, logo foi aberto o arquivo da apresentação de *slides*, pois, pela pergunta, provavelmente houve alguma distração em relação ao teste.

Em seguida, um aluno perguntou o que significava “dispersão” sendo dito que não poderia falar, ainda. Pouco após, outro aluno perguntou ao pesquisador qual era a origem do seu nome. Questionado sobre o que queria dizer com origem, ele explicou que parecia um nome grego, algo como “*Aristóteles ou outro filósofo*”, então foi explicado de onde era. Passados mais alguns minutos começaram a entregar o teste concluído. Alguns dos alunos que haviam finalizado pegaram seus livros didáticos para conferir suas respostas, além de comentarem entre si. Tal atitude não necessariamente foi tomada visando o aprendizado, mas talvez para suprir sua curiosidade – de qualquer forma, um estopim para a ação.

O ritmo seguiu tranquilo por boa parte do tempo da realização do teste. Quando tocou o sinal que marcava o início do último período, apenas quatro alunos não o haviam concluído, levando em torno de cinco minutos até que o último entregasse.

Antes de começar a apresentação, informou-se que não seria finalizada no dia. Como muitos estudantes precisariam sair antes do que seria o horário final da aula, pois utilizavam o transporte público escolar, perguntou-se até que horas todos ficariam. Alguns alunos brincaram e responderam um horário mais cedo que o habitual, mas logo após revelaram que a aula duraria até vinte e cinco para o meio-dia, assim restavam pouco mais de vinte minutos.

Ao iniciar a apresentação, foi dito que a palavra *óptica* provavelmente não lhes seria estranha. Foi indagado de onde a conheciam, estando a resposta da maioria relacionada aos estabelecimentos comerciais *ópticas*, o que concordava com o segundo *slide*, que mostrava imagens de óculos e lentes de contato. Dessa forma, foi discutida a diferença entre o significado de *óptica* no dia a dia e para a Física, destacando, então, o conceito de luz.

Seguidamente, mostravam-se alguns exemplos sobre a luz na natureza e no cotidiano. Chamou a atenção dos estudantes o *slide* que trazia a definição de *luz* segundo o dicionário Michaelis, devido às dezenas de definições.

Em seguida teve início a parte sobre as primeiras teorias para a natureza da luz. Os alunos se mostraram surpresos com a teoria pitagórica, na qual a luz sairia dos olhos durante a visão (embora, como atestado posteriormente, alguns tenham indicado o mesmo no pré-teste).

Restando alguns poucos minutos, o pesquisador adentrou brevemente na Óptica Geométrica, contudo deixou claro que retomaria o tópico na próxima aula. Desse modo, apenas discuti a representação da luz por raios luminosos. Logo após, os alunos precisaram sair e a montagem dos equipamentos foi desfeita. Alguns alunos se despediram enquanto outros apenas saíram apressados da sala.

Uma aluna questionou se o pesquisador pretendia ser professor ou físico, porque, segundo ela, esse não é um bom momento para os professores. Ele respondeu que possivelmente seria professor, ao que ela finaliza dizendo que “*precisava ser louco mesmo*”, o que pôde ter referência à iniciativa por seguir como professor ou talvez trouxesse à tona a imagem que o físico/cientista, mesmo o docente, possui perante o grande público, caricatura construída sobre uma figura estereotipada de ciência, que pode ser desconstruída através de discussões provocadas pela História e Epistemologia da Ciência, como se pretende.

Memorando 01/02E: aula também marcada pela interação por parte do pesquisador com o ambiente físico e social da escola e da sala de aula, assim como dos estudantes com o pesquisador, que foi perguntado inclusive pela origem de seu nome. As atitudes dos alunos foram receptividade e comemoração em relação à mudança nas aulas. Assim como na turma de controle, demonstraram certa estranheza e curiosidade quanto a certos conceitos trazidos no pré-teste. Manifestaram motivação e surpresa ao conhecer aspectos de teorias antigas sobre a natureza da luz e da Óptica.

DIA 02 – 22/06/2012

Aula 03 – Turma Experimental

As atividades transcorreram na sala de vídeo, uma vez que a mesma ficava mais escura que a sala de aula, favorecendo as demonstrações experimentais planejadas.

A aula iniciou com uma pequena retomada da apresentação. Foi tomada a diferenciação da *óptica* do cotidiano com a *Óptica* da Física, a relação com a luz no dia a dia e algumas hipóteses para a visão e a natureza da luz, postuladas na Grécia Antiga. Os alunos não formularam nenhuma questão, mas atendiam aos questionamentos levantados, como qual seria o principal objeto de estudo da Óptica: *luz*, amplamente respondido.

A parte que introduzia à Óptica Geométrica, que já havia sido colocada de maneira rápida ao final da aula anterior, foi explicada novamente. Assim, foi rerepresentada a ideia de Euclides, da representação da luz como um raio luminoso, inaugurando a Óptica Geométrica, e sua elaboração de uma lei para a reflexão, momento em que foi feita uma demonstração utilizando um *laser* (feixe luminoso) e um espelho.

Quando apertado o botão do *laser*, foi perguntado aos alunos se eles conseguiam vê-lo, e responderam que não. Nesse instante um aluno disse que iria até a sala de aula buscar um pouco do pó deixado pelo giz no quadro, uma atitude proativa que sempre deve ser respeitada e encorajada em sala de aula. Contudo, o pesquisador portava uma caixa com giz e um apagador consigo.

Espalhada a poeira, o feixe do *laser* tornou-se visível, como atestaram com um semblante maravilhado. Após, o feixe foi incidido sobre um espelho plano, a fim de mostrar a relação de igualdade entre os ângulos de incidência e reflexão. Um aluno, o mesmo que havia sugerido usar o pó do giz, disse para direcionar o “*laser em pé*” (perpendicularmente ao espelho), o que foi feito. Terminada a demonstração, outro aluno disse que “*a professora não faz isso*”, todavia o pesquisador comentara que já havia a visto fazendo demonstrações experimentais anteriormente, porém ele contrapôs que não ocorrera na turma deles.

Dando prosseguimento, ainda sobre Euclides, houve a apresentação de um experimento utilizando um anel e água, que posteriormente foi demonstrado. Perguntados se alguém gostaria de encher um pequeno aquário com água, apenas após alguns segundos um estudante se levantou e colaborou com o pedido. Enquanto ele saía para encher o aquário, o pesquisador pediu um anel emprestado, solicitação atendida por uma aluna. Ele indicou, como fazem os mágicos, que aquele era um anel comum, sem truques, o que gerou leve descontração no ambiente.

O anel foi posto no fundo de um pequeno pote de plástico opaco e com laterais com cerca de cinco centímetros de altura. Em seguida, foi pedido para que os discentes se levantassem e se posicionassem ao redor do recipiente, que estava sobre uma classe. Ao indagar se conseguiam enxergar o anel, responderam que sim. Entretanto, foi-lhes dito que não o deveriam enxergar, assim precisariam dar poucos passos para trás, até não o verem mais, uma vez que a borda do pote ficaria à frente do anel, conforme ilustra a figura 5.1.

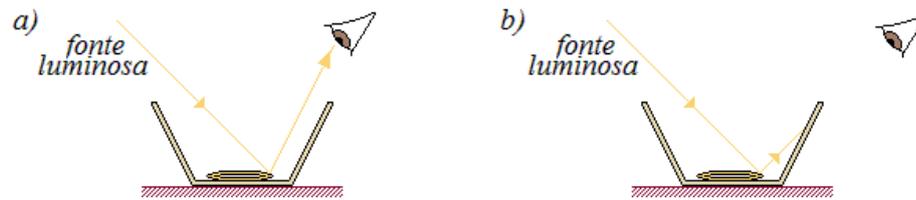


Fig. 5.1: representação dos passos para o experimento do anel: em a), os estudantes conseguiram visualizar diretamente o anel, o que não ocorreu em b), pois a luz refletida pelo mesmo era bloqueada pelas laterais opacas do pote.

O aluno retornou com o aquário com água, sendo-lhe explicado o que ocorria. Aos poucos, a água foi derramada dentro do pote. Os alunos começaram a sussurrar entre si e então o pesquisador questionou se algo estava ocorrendo, ao que disseram que o anel estava aparecendo. O pote foi cheio até próximo a sua borda.

Quando questionado por que o anel se tornou visível, uma aluna disse que ele refletia a luz e outro aluno disse que a água o tornava aparentemente maior. Foi respondido que ambos estavam corretos, mas seria preciso complementar a resposta, porém ninguém mais se manifestou. Foi dito que, assim como eles, Euclides também não conseguiu elucidar por que tal fenômeno ocorria.

Como exemplos para a evolução da Óptica Geométrica, foi dito que Arquimedes teria queimado uma esquadra invasora de Siracusa utilizando para tal um enorme espelho parabólico. Esse princípio foi demonstrado com um vídeo² do acendimento da chama olímpica na Grécia. Os estudantes o acharam engraçado, devido às vestimentas e danças típicas daquele país.

Depois, foi citado que Sêneca utilizava globos de vidro preenchidos com água como objeto de aumento. Foi mostrada uma lente de aumento feita artesanalmente com o bulbo de uma lâmpada incandescente preenchido com água, repassada para que os estudantes olhassem e manipulassem. Os alunos comentaram que a imagem formada por essa lupa era “*muito estranha*”, devido à deformidade em relação às lupas convencionais.

Com a introdução de Ptolomeu, veio o conceito de refração, mostrado através de uma animação feita para representar a luz proveniente de uma estrela ao entrar na atmosfera

² O link bit.ly/1p8C9e1 permite acesso ao vídeo.

terrestre. Após, como uma aproximação mais palpável, foi mostrada outra animação para a refração, entre o ar e a água.

O aquário com água, o *laser* e a poeira do giz, foram utilizados para demonstrar experimentalmente a refração. O *laser* foi projetado de maneira inclinada sobre a superfície da água. Com a ajuda da poeira, era possível visualizar o desvio sofrido pela luz ao mudar o meio de propagação – do ar para a água. Foi pedido que os alunos se posicionassem em frente ao aquário e abaixassem até que ele ficasse na altura de seus olhos. Alguns o fizeram, outros permaneceram em pé, mas todos afirmaram enxergar o desvio, manifestando-se positivamente em relação aos experimentos, possivelmente pelos efeitos visuais não muito triviais.

Um aluno perguntou por que havia alguns pontos projetados no teto da sala. Colocou-se que a superfície da água, o fundo do aquário e suas laterais refletiam o *laser*. Em seguida, foi explicado o que ocorria durante o experimento do anel (figura 5.2), sendo a refração da luz refletida pelo anel, ao sair da água para o ar, a responsável por permitir sua visualização.

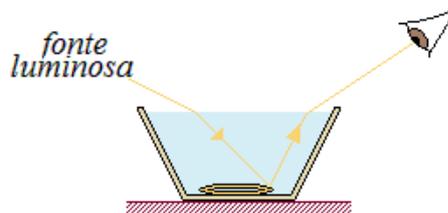


Fig. 5.2: representação da etapa final do experimento do anel: a luz refletida pelo anel é refratada no limiar da superfície água-ar, direcionando-se para o olho do espectador.

Após, foram trazidas as contribuições de Alhazen³. Os alunos mostraram-se muito surpresos ao saber que a pupila é uma abertura existente nos olhos, e que a luz adentra-os. Aproveitou-se para dizer que a câmara escura é a precursora da máquina fotográfica, sendo que a diferença estava em não registrar diretamente as imagens projetadas, citando que nas câmeras fotográficas elas são gravadas em filmes ou CCDs⁴ (sensores fotossensíveis), conforme seria visto mais detalhadamente no futuro.

³ Abu Ali Hasan Ibn al-Haitham (965–1040), também conhecido pelo nome latino Alhazen, foi um proeminente físico e matemático nascido em Basra, atual cidade do Iraque. Dentre seus trabalhos, formulou o atual modelo para a visão, aperfeiçoou a descrição da reflexão com base na Óptica Geométrica e desenvolveu a câmara escura.

⁴ Sigla para a expressão *Charged-Coupled Device*, ou Dispositivo de Carga Acoplada.

Ao final da parte da apresentação sobre a introdução da Óptica Geométrica foi apresentada a teoria de Snell para a refração, seguida pela de Descartes, assim como se colocou a divergência quanto a qual delas teria sido formulada antes. No último *slide*, colocou-se que uma velha pergunta estava voltando à tona. Perguntado aos estudantes qual seria, duas alunas falaram em uníssono “*o que é a luz?*”. Assim seguiu-se para a parte que abordava a Óptica na Idade Moderna, onde foi mostrada a reintrodução do debate sobre a natureza da luz, agora em torno de dois conceitos retomados da Filosofia: partícula e onda.

No pouco tempo restante, foi introduzida a teoria corpuscular da luz de Descartes, segundo a qual a luz se moveria com velocidade maior em meios mais densos, exemplificada através de uma animação em que a luz seria mais rápida na água do que no ar. Posteriormente foi trazida a concepção de Fermat, que pregava exatamente o contrário, portanto a luz se deslocaria mais rapidamente em meios menos densos, também exposta em animação.

Os instantes finais da aula foram aproveitados para introduzir a concepção corpuscular de Newton para a luz, que se tornou conhecido como grande defensor e sustentador dessa hipótese. Também foi apresentada a dispersão cromática, brevemente, com uma animação⁵ e um vídeo⁶.

Memorando 03E: os alunos foram participativos quando questionados sobre a história da luz e sobre sua concepção de conceitos associados à Óptica Geométrica. Mostraram-se maravilhados com os pequenos experimentos e demonstrações que ilustraram e buscaram introduzir princípios como os da retilinearidade, reflexão e refração. Vários foram proativos, manuseando alguns aparatos, e fornecendo indícios do valor didático que atribuíam às demonstrações. Pode-se dizer que a estratégia despertou interesse e motivação.

Aulas 02 e 03 – Turma de Controle

Os estudantes seguiram para a sala de vídeo, onde ocorrera a aula da turma experimental. Uma apresentação de *slides* introdutória à Óptica começou por meio da mesma pergunta sobre a palavra *óptica* para a turma experimental, sobre o que lembravam quando a ouviam ou liam. A resposta mais comum foi *óculos* e também *visão*. Ao passar para a lâmina seguinte, as imagens trazidas concordavam com suas respostas. Explicou-se que havia uma

⁵ O link bit.ly/1e43iKJ permite acesso à animação.

⁶ O link bit.ly/1hiDLMJ permite acesso ao vídeo.

diferença entre o significado do cotidiano e o da Física para *Óptica*, mostrando a importância do conceito de luz.

De tal modo, seguiu-se para a definição da *luz*, tratada somente como uma onda eletromagnética, por ser a definição tradicionalmente empregada para o Ensino Médio, ao contrário da turma experimental, na qual a abordagem histórica implicou na discussão sobre a natureza luminífera.

Primeiramente, foi introduzido o conceito de onda enquanto resultado de uma perturbação de um meio, ilustrada com fotografias para ondas na água e uma animação⁷ para uma onda em uma corda. Conduziu-se ao conceito de onda eletromagnética, diferenciando-a das ondas mecânicas pela não necessidade de um meio material para a propagação. Os estudantes acompanhavam com relativa atenção, mas geralmente se manifestavam somente se algo era perguntado, como se possuíam alguma dúvida, sendo “*não*” a resposta majoritária.

Por conseguinte, foi trazido um exemplo para a luz solar, que chega ao nosso planeta mesmo havendo vácuo entre os dois astros. Nesse momento, uma aluna perguntou como que a luz do Sol conseguia deixá-lo e chegar à Terra. Assim, foram retomados o exemplo e a definição dados para a onda eletromagnética, e ela se mostrou satisfeita com a resposta.

Para a apresentação do conceito de comprimento de onda foi utilizada uma gravura ilustrando maneiras de como seria possível medi-lo, pela distância entre vales ou picos consecutivos ou por pontos intermediários, sempre relacionando a uma oscilação completa, o que foi mostrado pelo pesquisador utilizando uma régua. Uma segunda imagem, com seis ondas diferentes, foi usada para perguntar aos estudantes qual delas possuía o maior comprimento de onda. A maioria da turma respondeu corretamente, mas como alguns se confundiram forneceu-se nova explicação.

A seguir, introduziu-se a representação da luz enquanto raio luminoso, destacando-se as características da retilinearidade, reversibilidade e independência dos raios luminosos. Para mostrar a luz se propagando em linha reta foi usada uma ponteira *laser* e pó de giz.

Ao falar da velocidade da luz comentou-se sobre sua finitude e o valor medido para o vácuo (c), mostrando o quanto ele é grande, porém definido. Novamente foi trazido um

⁷ O link bit.ly/1mnMyjD permite acesso à animação.

exemplo Sol-Terra, agora discutindo qualitativamente o tempo que a luz solar demora até chegar ao nosso planeta (cerca de oito minutos), assim como foi mostrado o significado da unidade de comprimento *ano-luz*. Quando mostrada a equivalência entre 1 ano-luz e seu valor em quilômetros (9.460.730.472.580,8 km), o número impressionou os estudantes.

Ao comentar que era até mesmo difícil ler esse número, o pesquisador disse que seria em torno de nove quatrilhões de quilômetros. Um aluno concordou, o que despertou a curiosidade dos seus colegas de como ele lera o número. Logo, ele falou que “*estava ali, escrito*”, então os demais apenas riram. Para arrematar, disse que era o mesmo valor que possuía em sua conta bancária. Nesse momento um aluno perguntou se estava em quilômetros também, mas ele disse que estava em reais. Essa passagem pareceu revelar que os alunos, já no terceiro ano, tiveram uma boa noção sobre o uso das unidades de medida, algo nem sempre facilmente discriminado por todos.

Em seguida, foram classificados os materiais de acordo com a forma com a qual a luz consegue, ou não, ser transmitida: transparentes, translúcidos ou opacos. Assim, foram apresentados os conceitos de reflexão e refração.

Para a reflexão seguiu-se uma animação e também uma demonstração experimental com *laser*, espelho plano e novamente a poeira do giz, como meio que permite a visualização da luz emitida e, agora, refletida. Os alunos manifestaram entusiasmo com a demonstração, comportamento idêntico ao da turma experimental horas antes, ou seja, ficaram admirados com a visualização do feixe verde. Concordaram com as inferências feitas para a igualdade entre os ângulos de incidência e reflexão, mostrando que o experimento, apesar de seus efeitos deslumbrantes, também é, como se espera, um recurso potencialmente didático.

Um procedimento semelhante foi tomado para a refração. Primeiro foi mostrada uma animação. Foi colocado que quando a luz muda de meio surge um desvio em sua trajetória, mas quando o pesquisador iria perguntar por que isso ocorre um aluno o antecipou, dado seu nível de interesse. Desse modo, explicou-se sobre a alternância da velocidade da luz para diferentes meios.

Dando sequência, foi demonstrado o mesmo experimento sobre refração usado com a turma experimental, com o emprego de um pequeno aquário com água, o *laser* e a poeira do giz. Houve certa empolgação por parte da turma ao enxergar o fenômeno e, aparentemente, entendê-lo, ao menos conceitualmente.

Para a visão, primeiramente comentou-se a teoria sobre o surgimento dos olhos nos seres vivos. A partir dessa pequena história, perguntou-se quais eram os três elementos essenciais para a visão, e a turma conseguiu respondê-los correta e rapidamente: luz, olhos e cérebro. Assim foi conduzida a exibição da anatomia do olho humano, destacando as partes principais (córnea, íris, pupila, cristalino, retina, nervo óptico).

A exemplo do que ocorrera à turma experimental, a turma de controle também se surpreendeu ao saber que a pupila é uma abertura e que a luz entra nos olhos para que se possa enxergar. Porém, uma animação para a dilatação/contração da pupila⁸, que deixou alguns alunos meio pasmos, facilitou tal assimilação.

Quando dito que uma imagem era formada invertida no interior do globo ocular também houve certo estranhamento. Foi exemplificada a semelhança com a formação da imagem em uma câmera fotográfica, para a qual se realizou uma demonstração experimental em que a chama de uma vela era projetada por uma lupa em uma parede da sala. A visualização causou admiração, embora menor que os experimentos com *laser*, contudo, mostraram-se convencidos quanto à inversão da imagem.

Como consequência, foi perguntado por que as pessoas não enxergam os objetos de cabeça para baixo. Responderam que se devia à interpretação fornecida pelo cérebro sobre a imagem. Esse foi o mote para a introdução do último ponto: ilusões de óptica. Porém, ao apresentar a primeira imagem, o *datashow* parou de funcionar por cerca de dez minutos.

Com o projetor apto ao uso, a segunda ilusão de óptica foi apresentada. A figura, que trazia a fusão entre o perfil do rosto de uma moça e de uma idosa, foi a que gerou mais entusiasmo, pois muitos não conseguiam enxergar a rosto da mulher mais velha. Essa imagem ficou projetada por cerca de cinco minutos, a pedido dos alunos, sentindo-se compelidos a concluir aquele “desafio”. O projetor tornou a falhar outras vezes, portanto usou-se a tela do computador para projetar as ilusões de óptica restante, o que se mostrou relativamente eficaz, sendo que todos afirmaram conseguir visualizar com certa comodidade.

Mais alguns minutos tentando enxergar a senhora idosa, foi explicado que era normal que nem todos conseguissem acompanhar aquela ilusão de óptica, já que nossos cérebros funcionam de formas diferentes, devido às experiências e conhecimentos de cada um. Os

⁸ O link bit.ly/1pcFMj3 permite acesso à animação.

alunos prosseguiram participativos com as demais ilusões de óptica, sendo esta a parte mais motivadora da apresentação, ainda que não represente um recurso essencial ao ensino formal da Óptica, o que, em contraponto, evidencia fragilidade da abordagem tradicional.

Em dada imagem, que trazia duas flores com centros iguais, porém uma com pétalas maiores e outra com pétalas menores, os alunos discordavam que ambas as flores teriam o centro com mesmas dimensões. Só se mostraram convencidos quando o pesquisador mediu o diâmetro dessas flores com uma régua, atestando que, contrariando qualquer percepção, as flores realmente possuíam centros com o mesmo tamanho.

Seguiu-se as ilusões com algumas ilustrações do artista Escher, de suas imagens impossíveis de serem reproduzidas no mundo real, com a figura do triângulo impossível e algumas ilusões de óptica classificadas como *cinéticas*, por suscitar a impressão de movimento da imagem. Os alunos aplaudiram ao final da aula, o que encerrou as atividades.

Memorando 03C: a introdução da luz como uma onda eletromagnética e o uso de animações despertaram curiosidades nos alunos, especialmente em relação à propagação e à velocidade da luz no vácuo. Da mesma forma que a turma experimental, mostraram entusiasmo diante das pequenas demonstrações que buscaram introduzir princípios da Óptica. Houve alguns comentários acerca da magnitude da velocidade da luz no vácuo que indicaram boas relações sociais em sala de aula. O maior nível de curiosidade e admiração ficou por conta das ilusões de Óptica.

DIA 03 – 27/06/2012

Aula 04 – Turma de Controle

No início foi feita uma ligeira revisão da aula anterior. Perguntou-se do que tratava a Óptica na Física, mas ninguém respondeu. Apesar de estar somente no quarto encontro, essa passagem mostrou uma singela diferença entre as turmas, pois quando tal questionamento foi tomado, os estudantes da turma experimental o atenderam, indiciando que a abordagem histórica da evolução do conceito de luz trazia, ainda que de forma incipiente, tal benefício.

Óptica foi escrita no quadro de giz, com sua definição abaixo. Ao perguntar o que era luz, passaram-se longos segundos de silêncio. Ao questionar se ninguém sabia a resposta, um aluno disse se tratar de uma onda eletromagnética, o que foi escrito no quadro. Também foi registrado o que era uma onda mecânica e uma onda eletromagnética. Com uma nova

explicação, os alunos consentiram em ter entendido. O ambiente parecia muito menos convidativo à participação em relação ao que ocorrera na aula anterior.

Feito isso, os estudantes foram informados que começariam a estudar Óptica Geométrica, sendo escrita a definição de raio luminoso. Eles copiavam, mas as diversas conversas paralelas dificultavam a comunicação entre pesquisador e discentes.

Recordou-se do experimento da reflexão do *laser* em um espelho plano, sendo o mesmo representado no quadro, já sob o subtítulo *reflexão*. Mais uma vez, foi pedido para colaborarem, ao perguntar o que era a reflexão. Após novo silêncio uma aluna respondeu, sendo escrita sua definição no quadro. Quando consultados se todos haviam entendido, responderam que sim. Ainda discriminou-se a reflexão especular e a reflexão difusa, dando mais destaque à primeira, com ambas desenhadas no quadro.

Seguiu-se para as *leis da reflexão*. Foi desenhado um esquema, dessa vez introduzindo a reta normal e os ângulos de incidência e reflexão. Atribuiu-se que cada ângulo valeria *alfa*, então se questionou ao grande grupo qual informação seria possível extrair dali. Passados outros segundos de silêncio, uma aluna respondeu que eles seriam iguais.

Mais dois esquemas foram feitos, um aumentando os ângulos em relação ao primeiro desenho e outro os reduzindo, todavia somente essa aluna parecia acompanhar o raciocínio. Ao questionar o que se poderia concluir, ela argumentou que os ângulos sempre seriam iguais. Essa foi expressa como a principal lei para a reflexão e posteriormente escrita no quadro. Tomou-se o entendimento da turma a partir do retorno que somente uma aluna forneceu, ou seja, o ensino pareceu negligenciado nessa situação.

Em seguida, foi passado um exemplo. Enquanto o pesquisador escrevia, um aluno sussurrou que já seriam dez horas, pois a aula acaba dez e cinco. Ao terminar de escrever, o pesquisador perguntou aos alunos se faltava muito para copiar. A maior parte disse sim, pois, segundo eles, era bastante conteúdo. Esperados pouco tempo, teve início a resolução do exemplo. Aproximadamente metade da aula acompanhou a resolução, que ocorreu de forma unilateral, dado que a maioria apenas copiava o que estava no quadro. Logo, tocou o sinal.

Memorando 04C: essa aula foi mais apática e marcada pelo uso de quadro e giz. A turma se manteve silenciosa e pouco participativa quando incitada a responder sobre o significado de conceitos retomados da aula anterior. O comportamento geral foi pontuado por conversas paralelas, sendo necessária a solicitação de maior colaboração. De maneira geral, pode-se dizer que a retomada do

modelo de aula tradicional resultou em desmotivação.

Aulas 04 e 05 – Turma Experimental

Houve certa dificuldade na aquisição do *datashow* nesse dia, o que somente tornou-se possível cerca de quinze minutos após o princípio da aula. Quando colocado que haveria uma pequena revisão da aula anterior, um aluno disse para não fazê-la e iniciar onde havia parado, mas insistiu-se que a revisão seria breve, tomada como uma oportunidade para a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa dos saberes, conforme abordado no Capítulo 3 para a teoria de Ausubel. A ausência do projetor, fazendo com que todos tivessem que olhar para a pequena tela do *notebook*, resultou em dispersão, havendo conversas paralelas.

A apresentação foi retomada a partir do momento em que o *datashow* foi instalado, deixando os estudantes um pouco mais atentos. Foram recordadas as duas concepções para a natureza da luz que eram discutidas no século XVII – partículas *vs.* ondas –, sendo reapresentada a concepção corpuscular de Newton e o experimento da dispersão da luz solar em um prisma. Além disso, foi exibido um vídeo sobre o disco de Newton⁹, e os alunos comentaram que já o conheciam, alguns de aulas de artes e outros de ciências.

Apresentou-se o experimento de Grimaldi. O fato de ele pertencer à igreja e dedicar-se à ciência causou espanto nos alunos, principalmente em uma aluna que exclamou que “*não entendia isso*”. O experimento de Grimaldi consiste em lançar um feixe luminoso perpendicularmente em direção a duas folhas paralelas, que possuem um pequeno orifício superposto. A luz, ao passar pelos orifícios, projeta uma imagem em um anteparo posterior.

Com o uso de uma animação, questionou qual seria a forma da imagem ao final do experimento. Todos responderam que seria um círculo, por ser o formato dos buracos, com exceção de uma aluna, que disse que seria uma flecha, possivelmente se confundindo com o raio luminoso, conforme explicado a ela. Contudo, a situação provocou risos em seus colegas.

Os discentes se surpreenderam quando mostrada a imagem resultante: um círculo com um anel ao redor, oportunidade usada para apresentar a difração, tal qual definiu Grimaldi. O pesquisador buscou demonstrar o mesmo usando um *laser* e um papel com um furo feito com

⁹ O link bit.ly/1p8QBCW permite acesso ao vídeo.

uma agulha, o que resultou em uma imagem um pouco distinta do esperado. Entretanto, era perceptível a diferença em comparação à imagem do *laser* sem passar pelo orifício.

O pesquisador reclamou que era complicado apontar o *laser* sobre o furo, então uma aluna perguntou por que ele o tinha feito tão pequeno. Ele respondeu, em tom de brincadeira, que “*era necessário, não porque gosto de sofrer*”. Os estudantes riram, assim como essa aluna. Ele retomou dizendo se tratar de uma ótima pergunta, assim respondeu adequadamente o motivo – a ocorrência da difração, o que não aconteceria sem um obstáculo apropriado.

Mostrou-se que Hooke estendeu o estudo das ondas para a natureza da luz, e que Huygens tornou-se historicamente conhecido como o principal defensor da teoria ondulatória da luz. Os alunos comentaram que Huygens “*parecia uma mulher*” na imagem apresentada, devido sua vestimenta. Estabeleceu-se, então, o debate Newton/Huygens (partícula/onda e vácuo/éter) e se apontou a “vitória” de Newton, principalmente pelo *status* do qual desfrutava à época, em concordância com a visão de Feyeraabend para a evolução da ciência.

Foi introduzido o experimento da dupla fenda de Young. Inicialmente, tomou-se o caso para a água em uma fenda, usando uma imagem de satélite para uma entrada do canal do Panamá¹⁰. Para a interferência das ondas em duas fendas, empregou-se uma animação¹¹ e uma figura criada pelo próprio Young¹². Uma aluna perguntou como ele desenhava aquilo, pois estava “*muito perfeito*”. Um colega dela argumentou que fora com um compasso.

Explicou-se, usando vídeos¹³, a interferência luminosa no caso da fenda dupla, apresentando que a luz interferia consigo mesma como uma onda. Dessa maneira, ao perguntar qual era a conclusão, dois ou três alunos disseram que “*a luz é uma onda*”. O pesquisador concordou, assim houve alguns comentários de que Newton estaria errado.

Expôs-se para as consequências do resultado do trabalho de Young na França, que conduziram aos experimentos de Fresnel e ao retorno da hipótese do éter. Já a teoria de Maxwell, que forneceu uma base matemática à luz enquanto onda eletromagnética, descartava tal hipótese. Comentou-se que ainda Maxwell continuava acreditando na existência do éter,

¹⁰ O link bit.ly/1hHoppC permite acesso à imagem.

¹¹ O link bit.ly/1f9zIPu permite acesso à animação.

¹² O link bit.ly/1nYhBBt permite acesso à imagem.

¹³ Os links bit.ly/1fjJDrP e em bit.ly/1jWfVYP permitem acesso aos vídeos.

ainda que desenvolvesse uma teoria coerente para a qual fosse desnecessário. Em decorrência, um aluno comentou que “*a gente faz isso ainda hoje*”. Esse episódio destacou aos estudantes a não predominância de motivações racionais para a evolução da ciência.

O experimento de Michelson-Morley, que especulou a existência do éter, foi explicado por meio de dois vídeos¹⁴. No segundo, havia um senhor que girava o aparato experimental. Uma aluna ficou intrigada, e perguntou o motivo, sendo dito que ele variava a direção do dispositivo em relação ao “vento de éter” que presumivelmente existiria. Chegou-se ao final com a abordagem da detecção das ondas eletromagnéticas experimentalmente por Hertz.

A palavra “FIM” surgiu em um *slide*. Uma aluna exclamou “*é isso? A luz é uma onda?*”. Contudo, na sequência apareceu “FIM?” e no *slide* seguinte um “PORÉM...”, instante no qual um estudante falou que “*sempre tem um porém*”. O “porém” em questão decorre dos experimentos de Hertz, que conduziram ao início da próxima apresentação. Os estudantes pareciam ligeiramente desanimados àquela altura, apesar de ainda participativos, pois na parte final da apresentação não houve tantos experimentos como no encontro anterior.

Na continuidade, iniciou-se a apresentação sobre efeito fotoelétrico, mesmo havendo poucos minutos para encerrar a aula. Primeiro reapresentou-se Hertz e seus estudos, e uma animação foi tomada para explicar o efeito fotoelétrico, que os alunos afirmaram entender.

Lenard aparece como “herdeiro” do legado de Hertz. É mostrado, através de uma animação, seu aparato experimental. Uma estudante perguntou o que era uma ampola. Outro aluno comentou sobre algum produto capilar que vinha em ampolas e o pesquisador completou citando que certos medicamentos vêm em ampolas, que seriam frascos de vidro.

Quando mostradas as dúvidas levantadas por Lenard, do *limiar da frequência* e do *tempo de retardamento*, foi usada uma imagem para explicar o que eram comprimento de onda e frequência. Os alunos disseram ter entendido. Ao mostrar uma imagem com três ondas e perguntar qual delas possuía o maior comprimento de onda a maioria acertou, mas cerca de um quarto não, o que suscitou nova explicação.

Para explicar o tempo de retardamento sugeriu-se, como exemplo, uma situação em que cada um deles gostaria de comprar algo que custasse mil reais, o que gerou certa

¹⁴ Os links bit.ly/1fjEsbs e bit.ly/1f9s6MU permitem acesso aos vídeos.

empolgação. Foi dito que eles poderiam fazer isso aos poucos, economizando dinheiro, mas que os elétrons não conseguem armazenar energia em pequenas porções para que ocorra o efeito fotoelétrico, o que aparentemente foi assimilado.

Estando próximo ao horário final, e com o cansaço dos alunos mais evidente, foi encerrada a aula.

Memorando 04/05E: a ausência inicial do projetor resultou em conversas paralelas. Do ponto de vista do conteúdo, a aula centrou-se na contraposição das duas concepções sobre a natureza da luz: corpuscular e ondulatória. Os estudantes mostraram surpresa e momentos de descontração diante de certos relatos históricos. Apreciaram as demonstrações, mas se ressentiram ao final porque o número de experimentos e demonstrações foi pequeno. Expuseram estranheza e surpresa diante do fenômeno novo da difração. De maneira geral, mantiveram-se motivados e participativos.

DIA 04 – 04/07/2012

Aula 05 – Turma de Controle

Quando o pesquisador colocou o título *reflexão* no quadro, uma aluna disse que “*reflexão já tinha sido passado, que agora era refração*”, porém ele informou que ainda não havia concluído, iniciando uma curta revisão do tópico. Apesar de uma resistência inicial, três ou quatro alunos contribuíam com os questionamentos.

Com o título *espelhos planos*, foi perguntado se conheciam algum. Uma aluna disse que eram “*aqueles assim*”, indicando um formato retangular com as mãos, assim foi argumentado que se tratava de espelhos comuns que se tem em casa.

Escrita a definição, partiu-se para as *características da imagem*, onde foi representada uma pessoa observando-se em um espelho. Através de questionamentos, os discentes colaboraram para estabelecer tais características. Quando perguntado como estaria escrito em um espelho a palavra *terceirão*, presente no moletom que a turma utilizava, boa parte dos estudantes responderam que ela estaria ao contrário ou invertida.

Nesse instante, a professora de Física, que estava em aula, recordou que *invertido* não seria o termo mais adequado, pois é utilizado quando se trabalha com espelhos esféricos. Dessa maneira, foi colocado o termo *simétrico*, alertando os estudantes quanto à correção. Também por meio de perguntas e respostas dos estudantes atestou-se que a imagem possui o

mesmo tamanho que o objeto e que a distância do objeto até o espelho é igual à distância entre o espelho e a imagem formada.

Passou-se ao tópico *formação de imagens*, onde foi utilizado mais uma vez o quadro, agora introduzindo os raios principais e seus prolongamentos para a formação da imagem. Uma aluna disse que não havia entendido o final da explicação, sendo retomada pelo pesquisador. Ao fim, todos disseram entender, ainda que não aparentassem.

Foram passados dois exemplos no quadro de giz. A professora deixou a sala nesse meio tempo. Ao perguntar se os alunos haviam copiado, disseram que não. Esperados alguns minutos, uma aluna disse “*começa a falar*”, porém o pesquisador disse que esperaria um pouco, então ela acrescentou que “*vai bater*”. O tempo foi aproveitado para entregar uma folha com nove exercícios para cada aluno. Logo, iniciou-se a resolução.

Pedindo a participação dos alunos, durante a resolução do primeiro exemplo tiveram dificuldades em identificar elementos gráficos da representação da reflexão, porém utilizaram a relação de igualdade entre os ângulos de incidência e reflexão sem problemas.

No meio da resolução do segundo exemplo tocou o sinal, mas o pesquisador pediu que os alunos esperassem um pouco, sendo atendido. Duas alunas colaboravam mais que o restante da turma, contudo boa parte parecia atenta. Finalizadas as respostas, e tendo todos mais uma vez afirmado entender, saíram para o recreio.

Memorando 05C: aula marcada por exposições explicativas, pelo uso do quadro e giz para esquematizar a formação de imagens por espelhos planos e para resolução de exercícios. O comportamento dos alunos foi de moderado acompanhamento.

Aulas 06 e 07 – Turma Experimental

Antes de iniciar a apresentação de *slides*, como de costume, foi tomada uma revisão de tópicos do encontro anterior. Ao perguntar quais eram as duas principais concepções para a natureza da luz por volta do ano 1600, os discentes responderam rapidamente *ondas* e *partículas*. Dois alunos começaram a falar, mas não em voz alta, e sim diretamente para o pesquisador, que “*no final viram que a luz era uma onda*” e que “*eram duas ondas uma junto da outra*”, enquanto gesticulava uma espécie de cruz com as mãos, para mostrar a ortogonalidade entre o campo magnético e elétrico da onda eletromagnética, conforme visto.

A exemplo de uma aluna que gesticulara para mostrar como seria um espelho plano na turma de controle, vê-se a relevância da linguagem para o aprendizado, conforme Vygotsky. Apesar de não conseguirem se expressar verbalmente, os alunos naturalmente faziam uso de outros signos pertencentes a gama de recursos semióticos inerentes à cultura de sala de aula, conseguindo transmitir significados e possivelmente evoluindo cognitivamente.

Quando perguntados sobre quem era o cientista conhecido como principal defensor da concepção corpuscular, conseguiram lembrar de *Newton*, e nesse instante um aluno disse que não lembrava “*o da onda*”. Os que estavam próximos a ele também disseram que não, assim como o restante da turma quando indagados. Portanto, foi escrito *Huygens* no quadro. Um aluno perguntou como se pronunciava, o que foi repetido algumas vezes.

Deve-se salientar aqui que não se pretendia construir um processo de ensino por memorização, no qual um nome é associado a determinada ação, mas sim recordar e problematizar um importante episódio da História da Ciência, reconhecendo o protagonismo daqueles que assumiram a vanguarda de suas posições científicas e filosóficas.

A partir daquele momento apenas o pesquisador explanou, recordando sobre o experimento de Grimaldi, o *status* atribuído a Newton e a decorrente aceitação da teoria corpuscular, o experimento de Young e a retomada do conceito de onda para a luz e por fim os trabalhos de Maxwell, Michelson-Morley e Hertz, que conduziram ao entendimento de que a luz seria uma onda, já diferenciando as ondas mecânicas das ondas eletromagnéticas.

Partiu-se para a apresentação de *slides* que havia começado na aula anterior, sobre efeito fotoelétrico e a nova concepção para a luz. Foi reapresentado Hertz, que gerou ondas eletromagnéticas experimentalmente, atividade da qual derivou o efeito fotoelétrico, definido na sequência. Ao perguntar se haviam entendido, responderam sim.

Novamente, seguiu-se para Lenard e seus dispositivos experimentais, assim como para as leis e princípios por ele formulados e as inconsistências apuradas: o limiar de frequência e o tempo de retardamento.

Para explicar o conceito de frequência, mais uma vez foi utilizada uma animação. Boa parte da turma recordou do que tratava o comprimento de onda, assim como dos termos *pico* e *vale*. Foi reexplicado o que era a frequência e então se seguiu para a figura representando três ondas distintas, para questionar sobre qual teria o maior comprimento de onda. Os alunos

concordaram em ter entendido mais uma vez. Porém, um estudante fez uma pergunta bastante pertinente, de como seria possível identificar a frequência de uma onda naquela imagem. Dessa forma, pôde-se apresentar a relação inversa entre os comportamentos da frequência e do comprimento de onda. Todos aparentaram concordar com a explicação.

Retomado o tempo de retardamento, voltando ao exemplo do produto que custava mil reais, que disseram lembrar, partiu-se para a concepção de *quantum* trazida por Planck. Para ilustrar o problema da emissão da energia radiante, o pesquisador representou no quadro de giz a diferença entre o tipo de energia que uma pessoa e o Sol emitiam, devido à diferença de suas temperaturas, o que pareceu ter elucidado um pouco. Duas alunas disseram que não haviam entendido o que era o *infravermelho*. O pesquisador respondeu que logo explicaria novamente.

Foi mostrada a equação utilizada por Planck para a quantização da energia, explorando a relação dela com a frequência da radiação. Assim, foi estabelecido que quanto maior a frequência da onda eletromagnética maior seria sua energia, o que conduziu a resolução do problema do limiar da frequência. Ao explorar a animação que mostrava ondas violetas ou vermelhas chegando a uma placa de metal para causar o efeito fotoelétrico, os alunos mostraram ter conhecimento dos conceitos de comprimento de onda e frequência.

Essa discussão encaminhou para o espectro eletromagnético. Uma figura foi projetada, mas o pesquisador acabou por desenhar outra semelhante no quadro de giz, explicitando a organização do espectro em termos da frequência e do comprimento de onda. Durante o desenho, os alunos perguntaram o que eram *raios gama* ou, novamente, o *infravermelho*, o que foi explicado. Uma aluna disse que perguntou o que era infravermelho porque alguns celulares antigos tinham uma função com esse nome para transmissão de dados. Outra, também argumentou o mesmo. A professora disse que também havia tal recurso em algumas calculadoras científicas. Apesar de uma exemplificação singela, temos aqui que um recurso tecnológico, embora obsoleto, despertou curiosidade e provocações para a aprendizagem.

Tornando à apresentação, novamente foi confrontado o problema do tempo de retardamento. Informou-se que a solução veio em 1905, por meio de um cientista que todos conheciam. Ao perguntar qual seria, uma aluna disse Newton, sendo-lhe respondido que, em 1905, ele havia falecido há pouco menos de trezentos anos. A professora de Física brincou que “*não restavam nem os ossinhos*”. Outra disse “*Aristóteles... ah... não sei*”, explicando-se

por que não. Nesse instante um aluno disse Einstein, nome que não foi citado em nenhum momento nas aulas anteriores, o que parecia mostrar que, assim como Newton, e talvez Galileu, tais cientistas ocupam lugar de destaque no imaginário popular. A iniciativa, nesse caso, consistiria em utilizar essa vantagem a favor do ensino, ou seja, aproveitar um conhecimento prévio e enriquecê-lo.

Foi introduzida a concepção de Einstein de que a energia luminosa está concentrada em pacotes, ou corpúsculos (depois chamados de *fótons*), mesmo quando livre pelo espaço, o que solucionou o tempo de retardamento. Com a luz descrita por meio de partículas, retornou à dúvida sobre sua natureza, conforme apontou um *slide* com a pergunta em letras garrafais.

Formulou-se uma curta enquete com os alunos, a qual se referia se a luz seria formada por ondas ou partículas. Cerca de sete responderam ondas, e o mesmo número para partículas. A professora disse que a conta não estava fechando, então o pesquisador perguntou, em tom de brincadeira, “*quem não acha nada*”, e dois levantaram as mãos.

Foi dito que, agora, havia bases experimentais e matemáticas que sustentavam as duas teorias. Seguindo para o próximo *slide*, a luz não poderia ser apenas constituída por partículas, pois havia fenômenos, como a difração (citando Grimaldi) e a Interferência (Young), que só eram explicados pelo seu caráter ondulatório. Nesse instante, um aluno comentou “*então a luz é as duas coisas*”, o que foi saudado.

Por este caminho, apresentou-se a dualidade onda-partícula, para o qual a luz possuiria os dois comportamentos, independentemente, e que detectar um ou outro dependia do modelo científico assumido. Uma aluna disse “*passaram tanto trabalho só pra isso?*”, ao que outro aluno contestou, “*como assim, só isso?*”, sugerindo que o resultado lhe fora significativo.

Em continuidade, foi apresentado o efeito fotovoltaico e sua proximidade com o efeito fotoelétrico, ilustrado pela aplicação nas fotocélulas ou fotossensores, como o acendimento dos postes pelos fotômetros, o que chamou a atenção dos alunos. Uma aluna disse que na casa de um tio “*instalaram isso para acender a lâmpada da rua, para quando não tem ninguém em casa*”, fazendo uma correlação entre o ensino escolar de Física e seu cotidiano.

Terminada a apresentação, os alunos aplaudiram, o que surpreendeu o pesquisador. Solicitou-se um trabalho, ao qual foi dado um prazo de uma semana, em que deveriam registrar sob qualquer forma (texto a mão, digitado, vídeo, desenho, fotografia etc.) qual a

impressão que tiveram acerca da evolução do conceito de luz ao longo da história, sendo salientado que não deveriam formular um resumo linear do que foi discutido, mas sim dizer se acharam fácil ou trabalhoso, bom ou ruim, dentre outros, justificando seus entendimentos. Duas alunas disseram não ter compreendido, seguindo-se nova explicação. Assim, os alunos foram dispensados, já que estava quase na hora de tocar o sinal.

Memorando 06/07E: aula marcada por manifestações verbais e gestuais no início para representar e relembrar conceitos. A História da Física foi explorada para introduzir conceitos de FMC, como efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula e efeito fotovoltaico. Os episódios que marcaram a evolução das ideias e o uso de “slides” e de animações geraram movimentação, participação e certos momentos de reflexão coletiva. Pode-se dizer que a aula foi diversificada, muito proveitosa e que os alunos se mostraram motivados pela dinâmica estabelecida.

DIA 05 – 06/07/2012

Aula 08 – Turma Experimental

O pesquisador indagou se todos haviam entendido o trabalho passado na última aula. Disseram que sim, mas uma aluna respondeu que mesmo assim poderia “*explicar de novo*”, o que foi realizado. Antes do princípio da nova apresentação, comentou-se um pouco sobre o efeito fotoelétrico e a mudança conceitual para a luz (criação do conceito de onda-partícula).

Os estudantes foram informados que começariam a ver aplicações da Óptica e que essas seriam ilustradas por meio da fotografia, embora naquele dia somente seriam aprofundados alguns conceitos já abordados nas apresentações anteriores.

Inicialmente, viu-se parte do legado deixado por Euclides, com a construção da Óptica Geométrica e sua lei da reflexão e a formação de imagens em um espelho plano, assim como foram observadas algumas imagens de reflexões, sobre a água ou superfície metálicas. Quando questionado o porquê das inscrições em carros como ambulâncias ou bombeiros estarem escrita de trás para frente, os alunos conseguiram responder, assim como identificaram quantos animais reais havia em uma figura que trazia uma associação de espelhos. Uma fotografia de uma bolha de sabão mostrava um espelho esférico.

Para as lentes, primeiramente, foram levadas algumas imagens de instrumentos ópticos que as empregam. Em seguida, viu-se que existem lentes “na natureza”, ilustradas por fotografias de gotas de água. Nesse momento foi realizado um experimento que chamou

bastante atenção, que consistia em apontar o feixe de um *laser* verde em uma gota de água pendente em uma seringa, estando suas aletas apoiadas em dois copos plásticos. Quando o *laser* atravessava a gotícula de água, se dava sua refração, assim ocorria uma projeção na parede – a imagem da gota d’água, ampliada muitas vezes, o que permitia enxergar alguns micro-organismos presentes.

Primeiro foi utilizada água retirada de uma torneira na própria escola. Os alunos reagiram com entusiasmo à imagem, mas depois ficaram receosos por reconhecer que bebiam aquela água. Uma aluna perguntou se era “*mesmo verdade*”, e a professora de Física respondeu que sim, tendo a concordância do pesquisador. Foi uma passagem extremamente interessante, pois a aluna duvidou daquilo que estava visualizando, ou seja, foi um ato *contraindutivo*. Ela possivelmente duvidava da existência de micro-organismos na água, pois não conseguia vê-los a olho nu, o que, para um empirista, seria indício suficiente para corroborar tal afirmação como indubitavelmente verdadeira, assim ela precisou agir contra seus instintos para aceitar (ponderando que tenha aceitado) uma nova aceção.

Na segunda demonstração, foi usada a água de um arroio presente no bairro onde fica a escola, que é imprópria para consumo. Nesse momento, uma enorme população de micro-organismos apareceu, diferentes daqueles que haviam surgido na água da escola, movimentando-se velozmente, em contraste com o que ocorrera com a água da torneira, onde havia pouquíssimos micróbios, quase em repouso. Os alunos ficaram muito empolgados, argumentando que seria uma “*feita*” ou uma “*rave*”. Alguns ainda comentaram sobre a seriedade do problema ambiental, constituindo momentos de reflexão crítica.

Mostrou-se a lente de Nimrud, aparato do gênero mais antigo encontrado pelo homem, no Oriente Médio. O conceito de refração foi reapresentado, agora para diferentes materiais, como água e vidro, e introduziu-se o índice de refração, elaborado por Ptolomeu, posteriormente adaptado em termos da diferença da velocidade da luz em meios distintos.

Logo após, viu-se imagens de objetos parcialmente mergulhados em água, que aparecem com o efeito de “quebrados”. Perguntado se já haviam visualizado algo parecido, responderam que sim, explicando-se o papel da refração. Depois, tomou-se a associação entre o funcionamento de uma lente e a refração.

Seguiu-se para Alhazen, que atribui à capacidade das lentes de ampliar imagens devido suas faces curvadas, o que era desconhecido até então. Em decorrência, foi mostrada a

estrutura do olho humano, salientando que a pupila é uma abertura existente nos olhos justamente para que a luz entre neles e assim se consiga enxergar. Os alunos se mostraram um pouco surpresos com esse fato (apesar de já ter havido um comentário similar em outra ocasião). Ao citar do que se tratava uma lente esférica, o sinal tocou.

Memorando 08E: estudantes mostraram-se surpresos e entusiasmados com a demonstração experimental da refração através de gotas d'água e projeção de micro-organismos. Essa estratégia gerou discussões e reflexões críticas nos alunos com respeito à qualidade da água e preservação do meio ambiente onde habitavam. A refração e as lentes foram abordadas com ilustrações e episódios históricos, que novamente despertou interesse nos estudantes. Essa sequência pareceu mostrar que é possível inovar com atitudes simples, mas que demandam comprometimento docente e discente.

Aulas 06 e 07 – Turma de Controle

Nesse dia houve longo atraso para o início do primeiro período, o que se deveu a uma apresentação de uma banda de Rock, aparentemente formada por estudantes da escola.

Superados os contratempos, foi dito aos estudantes que já tinham uma atividade a ser feita, pois haviam recebido uma folha com nove exercícios ao final da aula anterior. Somente um aluno informou ter solucionado a tarefa, e outras duas que haviam tentado. Foi solicitado que resolvessem aos exercícios ímpares, com exceção do primeiro, durante a aula. A atividade poderia ser feita em grupo, porém cada estudante deveria entregá-la individualmente, pois comporia uma avaliação.

Uma aluna foi até a mesa onde estava o pesquisador e perguntou como resolver o terceiro exercício. Foi explicado algumas vezes, mas ela não conseguia entender, então um esquema foi representado no quadro, o que pareceu elucidá-la, embora nessa hora a resolução estivesse parcialmente concluída. Os estudantes consultavam se suas respostas estavam corretas, o que se confirmava na maioria das vezes. Após, começou um caminho inverso, com o pesquisador se dirigindo até a classe dos alunos para auxiliá-los.

Um aluno entregou uma folha, por se tratar do estudante que havia resolvido os exercícios em casa. Enquanto isso, o fluxo de discentes não cessava, sendo estes geralmente os mesmos (cerca de dez estudantes), dado que alguns não se levantavam de seus lugares, resolvendo os exercícios sozinhos ou conversando com seus colegas.

A aula seguiu dessa forma praticamente até o final, pois não havia sobrado muito tempo, pelos motivos já relatados. Conforme os alunos entregavam seus trabalhos era realizada uma rápida revisão, apontando quais os exercícios ou itens precisavam de correção. Eles o corrigiam e geralmente retornavam com a resposta certa. À medida que entregavam a atividade perguntavam se poderiam ir embora, pois estavam no último período, mas era respondido que não, o que só foi possível quando se aproximou do horário final.

Apenas uma aluna ficou dois minutos além dos demais, pois estava com certa dificuldade para resolver o último exercício. Como ela mesma relatou, sua dificuldade estava na interpretação do enunciado, e não na parte matemática, possível sintoma de uma aprendizagem mecânica. Ela entregou a atividade e assim encerrou-se a aula.

De forma geral, os alunos resolveram os exercícios, o que dá a entender que os compreendiam, embora se deva ter cuidado com essa afirmação, pois o trabalho foi resolvido em grupo e de forma bastante livre, ou seja, é provável que alguns tenham resolvido e outros copiado. Mas, devido ao grande número de perguntas, acredita-se que esses tenham sido casos em menor número.

Memorando 06/07C: aula de resolução de exercícios, caracterizada pelo trabalho dos estudantes, com muitas perguntas e pedidos de ajuda para a conclusão da tarefa. O professor ofereceu esclarecimentos pelo uso do quadro de giz e circulando entre as classes, atendendo aos alunos.

DIA 06 – 11/07/2012

Aula 08 – Turma de Controle

A turma trocou de sala em virtude de um aluno que estava com dificuldades de locomoção que havia retornado de uma licença médica, sendo o novo recinto semelhante ao anterior, com exceção da cor, agora verde.

Os estudantes conversavam incessantemente quando teve início a aula sobre espelhos esféricos, definidos como uma calota esférica refletora. Logo depois, foram diferenciados os espelhos côncavos e convexos. Uma aluna comentou que no ônibus havia “*um espelho desses*”, se referindo ao modelo convexo.

Quando o pesquisador foi apagar o primeiro quadro, uma aluna falou em tom mais alto, mas não ofensivo: “*não*”. Neste momento alguns alunos disseram “*ele precisa apagar*

pra poder continuar”, enquanto alguns responderam *“mas ele é muito rápido. Ou tu copia ou tu presta atenção”*. Em seguida, foi desenhado um espelho côncavo e um convexo e identificados o centro e o raio de curvatura e o foco, sendo definido que o foco é igual à metade do raio de curvatura, como tradicionalmente é feito. Os alunos conversavam durante quase todo o tempo.

Enquanto o pesquisador passava no quadro, três alunas discutiam se o espelho interno ao carro também era chamado de retrovisor, então perguntaram para outro estudante, que disse não saber. O pesquisador virou-se e respondeu que sim, então uma das alunas agradeceu. O aluno que havia sido indagado argumentou *“viu só, devia ter perguntado pro professor”*. O pesquisador voltou a escrever quando uma aluna disse *“já vai bater”*, mas faltavam vinte minutos. Ele respondeu que tinha um relógio, uma atitude ríspida, mas que precisou ser executada, diante da ausência de comunicação que se estabeleceu durante a aula.

O que estava sendo descrito naquele momento versava sobre a reflexão dos espelhos esféricos, classificados como convergentes (espelhos côncavos) e divergentes (espelhos convexos). Quando questionados, os alunos conseguiram responder que a luz seria refletida pelo espelho, então foi explicada a razão pela qual tais espelhos têm aquelas características.

Para iniciar o tópico de formação de imagens, foram trazidos os raios principais para espelhos côncavos, pois não haveria tempo para os espelhos convexos. Apenas foram ilustrados os espelhos, para depois traçar os raios. Como os alunos estavam atrasados, esperou-se alguns minutos para copiarem.

A explicação começou ao indagar os alunos sobre os caminhos que os raios principais fariam. Eles conseguiram responder para o primeiro tipo, mas não para o segundo. Enquanto era escrito a definição de dois tipos de raios principais para espelhos côncavos, tocou o sinal.

Memorando 08C: aula expositiva, com uso intensificado de quadro e giz, sobre espelhos esféricos. Houve diversas conversas paralelas e a relação entre pesquisador, tentando passar o conteúdo, e estudantes foi ligeiramente conflituosa. Dificilmente se afirmaria que essa aula resultou em verdadeira aprendizagem. Provavelmente os alunos a consideraram cansativa e monótona.

Aulas 09 e 10 – Turma Experimental

Os estudantes se encaminharam para a sala de vídeo. A apresentação de *slides* foi retomada a partir de uma revisão, mas de maneira rápida, apenas salientando pontos mais

importantes, a fim de suscitar a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva. Ao chegar à parte sobre as lentes, um aluno lembrou que foram vistos “*os bichinhos do arroio*”.

Na introdução das lentes esféricas, foi citado que havia diferentes tipos de lentes e que algumas ampliavam enquanto outras reduziam imagens, então foi mostrada uma figura que representava seus tipos. Um aluno perguntou quais delas aumentavam e quais diminuía, e respondeu-se que dependeria da distância na qual um objeto está posicionado. Uma estudante disse que também existem umas lentes redondas, então outra aluna respondeu que as lentes da imagem mostrada eram redondas, mas estavam “*de lado*”, uma observação peculiar, pois os livros didáticos sempre trazem as lentes representadas por meio de seções laterais, o que, ao menos nesse caso, representou um obstáculo para a aprendizagem, uma vez que o signo não foi suficiente para transmitir seu significado, o que evidenciou a necessidade da interação com o pesquisador e com seus colegas.

Com animações, foi mostrado que as lentes podem ser convergentes ou divergentes. Primeiro foi explicada a lente convergente. Os estudantes foram questionados sobre o que seriam aqueles raios “*entrando*” na lente, então eles responderam corretamente que era a luz. Uma aluna perguntou o que era o ponto vermelho que surgiu na animação, assim pode-se explicar o que era o foco da lente.

Nesse momento, foi explicado porque era possível atear fogo utilizando uma lupa. Questionado aos alunos se eles queriam observar este efeito, todos disseram que sim. Dessa forma, seguiu-se ao pátio da escola, pois havia intensa iluminação solar nesse dia. Depois de uma breve explicação e de tentativas de focalizar a imagem, conseguiu-se queimar uma folha de caderno. Os alunos aplaudiram quando viram a fumaça no papel e o orifício deixado.

Logo após, com outra animação, foram vistas as lentes divergentes. Um aluno disse que “*esse tipo de lente não servia para nada*”. O pesquisador comentou que elas costumam ter menor empregabilidade, mas que certos óculos usam lentes divergentes, além do uso de sistemas com lentes acopladas. Um segundo aluno concordou, salientando que seus óculos usavam esse tipo de lente.

Os raios principais para cada tipo de lente foram ilustrados, mas os estudantes começaram a conversar intensamente, dificultando a comunicação em determinados momentos. Demonstrou-se alguns esquemas de formação de imagens para lentes convergentes, usando o argumento, também dado pelo aluno, de que as lentes divergentes

possuem menores aplicações. Eles respondiam aos questionamentos feitos durante as animações dos esquemas, mas se mostraram mais atentos quando foi projetada a imagem da chama de uma vela na parede, com o uso de uma lupa, evidenciando novamente que o emprego de experimentos consegue, ao menos, atrair a atenção do alunado.

Em seguida alterou-se a seção da apresentação, entrando na parte que traz a fotografia analógica e sua história. Explicou-se a câmara escura, utilizando uma imagem, apontando o uso dos raios luminosos. Uma aluna perguntou se era possível obter a imagem somente com um único raio luminoso, então se esclareceu por que não, apontando que os raios luminosos são convenções usadas para um modelo de como as imagens podem surgir.

Uma câmara escura, construída com uma caixa de sapatos, foi usada para mostrar aos alunos que a imagem de fato se formava, e de cabeça para baixo, usando uma vela como objeto. Embora o pesquisador não tenha conseguido visualizar nada, pois a sala estava demasiada clara para o experimento, os alunos afirmaram ter visto a chama. Outros alunos pegaram a lupa espontaneamente e aproveitaram para projetar a chama da vela na parede, conforme demonstrado. Um deles questionou se usando uma segunda lupa a imagem seria “*desvirada*”, e foi explicado por que sim. Foi um momento importante, pois revelou que os estudantes haviam não só se apropriado dos saberes compartilhados como elaboravam hipóteses sobre os mesmos, tentativamente construindo seu próprio conhecimento.

Prosseguindo, foram citadas a pintura e a escultura como formas antigas de se registrar imagens, então se seguiu para Niépce e a primeira fotografia, por ele chamada de heliografia. Explicou-se resumidamente o processo por ele desenvolvido e os alunos disseram compreender. Quando mostrada a projeção da primeira fotografia registrada, uma aluna logo perguntou “*o que é isso?*”, então o pesquisador respondeu do que se tratava, ao que ela complementou que “*não, o que ela tá mostrando?*”. Essa questão foi colocada ao grande grupo, que aos poucos desvendou a paisagem (vista do sótão de Niépce, com alguns telhados em destaque), pois a fotografia se encontrava em estado de desgaste pela ação do tempo.

Uma aluna comentou, espantada, que ele havia demorado “*oito horas pra tirar uma foto que hoje a gente tira em dois segundos*”. O pesquisador respondeu que levava menos tempo ainda, e ela comentou que era mesmo, que “*era quase na hora*”. Outra estudante questionou se ele passou oito horas ao lado da câmera, sendo comentado que possivelmente não, mas o pesquisador alegou que não tinha certeza dessa informação.

Após, viram-se as contribuições de Daguerre, com o daguerreótipo (modelo de câmara fotográfica) e a mudança nas formas de sensibilização e fixação de imagens. Suas fotografias surpreenderam os estudantes por sua qualidade, especialmente em comparação com a primeira foto de Niépce. A foto de um eclipse também chamou a atenção e um aluno brincou que parecia o logotipo do filme “O Chamado”.

Nesse momento duas alunas perguntaram por que ao tirar uma foto da Lua só aparece um pontinho na foto, e não o tamanho visualizado, sendo elucidado que tal defeito decorre de uma ilusão de óptica, por comparação entre a Lua e objetos no horizonte que parecem próximos a ela. Mas também se comentou que, dependendo do *zoom* que a câmera possui, seria possível uma foto em boa qualidade. Um aluno perguntou como “*colocaram cor nas fotos*”, e foi respondido que logo seria visto.

Apresentou-se o trabalho de Talbot, que empregava papel na obtenção de negativos e posteriormente de positivos. Mostrando as fotografias de Talbot, uma aluna disse “*essa é sépia*”, antes de perguntar se eles haviam notado alguma diferença. Logo, foi citado o franco-brasileiro Florence, que desenvolveu um eficiente método fotográfico antes mesmo de Daguerre e Talbot, porém desconhecido, possivelmente por estar no Brasil na década de 1830, sendo seu trabalho pioneiro raramente divulgado. Uma aluna disse “*que pena dele*”, e os demais concordaram, alguns lamentando e outros rindo da situação.

A próxima seção tratava da fotografia colorida, assim foi lembrado que seria visto o que um aluno perguntara. A teoria de Young das cores intrigou os alunos, principalmente pela informação de que “*enxergamos*” apenas três cores. Um estudante perguntou o que acontecia no caso do touro, que enxerga em preto e branco, então foi dito que na realidade isso não acontecia, explicando o porquê, argumentando a presença de mais de um tipo de células fotossensíveis na retina dos bovinos.

Foi feita uma demonstração experimental com lâmpadas coloridas com as cores aditivas primárias – verde, vermelho e azul – mostrando a junção das luzes para criar as cores secundárias e o branco. Os alunos empolgaram-se principalmente com o efeito produzido devido às sombras coloridas, perceptível por suas ações. Quando utilizado um papel com um furo no centro, para exemplificar a difração, eles gostaram muito, pois a projeção estava semelhante a uma figura mostrada em um dos *slides*. Ao questionar como cada cor era formada, um aluno perguntou o que aconteceria se todas as lâmpadas fossem apagadas, assim

veríamos o “preto”, ou o que ocorreria se a sala fosse completamente vedada para a luz. A cada novo efeito mostrado a curiosidade dos alunos era aguçada.

Prosseguindo, viu-se a proposta de Maxwell e o registro de Sutton da primeira fotografia colorida, em 1861. A imagem registrada causou certo estranhamento aos estudantes, pois de fato não é possível observar o objeto fotografado (um broche) nitidamente. Já a técnica de Hauron foi mais bem aceita, trazendo a vista de uma pequena cidade francesa.

Seguiu-se para a última seção, sobre a popularização da fotografia. A conversa paralela entre os estudantes tornou-se intensa, o que ocorria mais nos espaços entre a realização de demonstrações experimentais, embora, naquele momento, a aproximação do final da aula fosse um fator relevante.

Foi mostrada a criação do filme fotográfico e sua aplicação no cinematógrafo, aparelho de projeção criado pelos irmãos Lumière. Em seguida, mostrou-se o aperfeiçoamento dos filmes fotográficos e a melhoria na qualidade das fotografias. Uma tirada na década de 1940, em Chicago, chamou mais a atenção dos alunos. Nesse momento, o nome da principal empresa de insumos fotográficos à época foi citado algumas vezes, sendo que uma aluna informou que o inventor da câmera digital também era funcionário desta mesma empresa, mas que eles não quiseram desenvolver seu projeto. O pesquisador disse que ela estava certa, e que isso seria tratado em breve.

Por fim, argumentou-se que todas as câmeras fotográficas funcionavam basicamente da mesma forma. Perguntados sobre o que era mais importante para produzir uma fotografia, um aluno disse, alguns segundos depois, que seriam as lentes. Foi respondido que as lentes são bastante importantes, mas não fundamentais. Outro aluno disse que seria a luz, assim explicou-se a semelhança entre a máquina fotográfica e a câmara escura.

No último *slide*, estava colocado que o último passo para a popularização da fotografia ainda não havia sido abordado. Uma aluna perguntou qual era, e o pesquisador disse que era exatamente o que ele queria saber, pois era a questão exposta no *slide*. Passados alguns segundos, uma aluna disse que “*faltava ela ser digital*”.

Antes dos alunos saírem, foram informados que fariam um trabalho na próxima aula, e que eles precisariam se organizar em grupos e combinar quem traria o material solicitado, no

caso tesoura e régua. Os alunos ironizaram, dizendo que eram materiais muito difíceis de conseguir. Logo tocou o sinal.

Memorando 09/10E: aula com uso de “slides”, experimentos e a História da Fotografia. Foram introduzidos lentes, formação de imagens e os princípios de funcionamento da máquina fotográfica. Houve momentos de conversa na definição dos raios principais, parte menos atrativa. A atenção foi recuperada com a realização de demonstrações e experimentos, em que os estudantes puderam manusear a lupa e a câmara escura. Os estudantes reagiram favoravelmente aos aprendizados provenientes da História da Fotografia, colaborando com comentários e questionamentos.

DIA 07 – 13/07/2012

Aula 11 – Turma Experimental (a)

A aula começou com instruções sobre a construção de uma câmera fotográfica do tipo *pinhole* com material reaproveitável. Em continuidade, foi entregue aos alunos, organizados em grupos, um artigo (SOUZA, NEVES e MURAMATSU, 2007) e um questionário (disponível no Apêndice I), bem como o material para a construção da *pinhole*, estando uma câmera pronta como modelo. Rapidamente, começaram a construir a câmera e faziam diferentes perguntas sobre a montagem: como deveriam colar o papel, produzir os furos, dentre outras (figura 5.3).



Fig. 5.3: estudantes da turma experimental durante a confecção das câmeras “pinhole”, na 11ª aula.

Eventualmente, o pesquisador circulava entre os grupos e avaliava o andamento da atividade, ou se existia alguma dúvida. Uma aluna perguntou sobre uma das questões, que indagava por que o furo da câmera precisava ser pequeno. Foi criado um paralelo com a

câmara escura, e ela aparentemente entendeu. Logo após outro aluno também perguntou algo sobre a primeira questão, contudo ele mesmo a respondeu em parte.

A professora de Inglês da turma pediu para falar com os alunos e reclamou que eles haviam se inscrito em um curso de foto e vídeo à tarde e não estavam comparecendo (sendo que isso seria bastante interessante para o minicurso). Alguns responderam que não sabiam da atividade e outros que não poderiam mais frequentá-la.

As perguntas sobre como colar tal parte ou recortar outra seguiram por toda a aula, mas, de modo geral, os discentes trabalhavam tranquilamente. Ao contrário de um grupo que entregou rapidamente o questionário, os demais se dedicaram a *pinhole*. O sinal tocou, porém os alunos seguiram montando a câmera, pois um período não fora suficiente para a maioria (somente um dos grupos havia terminado a atividade).

Foi pedido que a atividade fosse concluída na próxima aula. Enquanto se organizavam, apareceu a professora de Inglês, que assumiria a turma, e perguntou ao pesquisador se ele gostaria de permanecer com os alunos para terminar a atividade, pois ela não daria nenhum conteúdo importante, já que aquele se tratava do último dia antes das férias do meio do ano. Respondeu-se que seria ótimo, mas como ele precisaria dar aula na turma de controle, a professora aceitou ficar em sala para que continuassem a atividade. Esse foi outro caso de solidariedade de professores com a execução do presente projeto de mestrado, dado que um professor de Língua Portuguesa cedeu seus períodos nesse dia, como se verá adiante.

Aulas 09 e 10 – Turma de Controle (a)

Nesse dia, após informar que a aula seria em períodos cedidos pelo professor de Português, uma aluna perguntou algo sobre um trabalho que a professora de Física havia deixado. Esperou-se algum tempo até que a maioria retornasse de uma conversa com a professora, num dia em que poucos alunos estavam em aula.

Ao entrar em aula uma aluna disse que teria que “copiar um monte de coisa”, pois, afirmou, o pesquisador “sempre passa um monte de conteúdo”. Ele advertiu que ela estava certa. Essa situação é um reflexo da abordagem tradicional de ensino, com demasiado apego ao currículo e poucas oportunidades de exercer ou desenvolver o senso crítico.

No quadro, foram descritos os raios principais para os espelhos convexos, a equação dos espelhos esféricos, a convenção de sinais e a ampliação. O pesquisador, ao perceber que os alunos em sua maioria não estavam copiando, além de conversarem exaustivamente naquele dia, pediu para que a turma colaborasse. Esse comportamento possivelmente se referia à ansiedade para entrar em férias, pois, apesar da turma de controle se mostrar pouco menos colaborativa em relação à experimental, nunca havia agido dessa forma. Nesse momento o pesquisador retornou à sala da turma experimental.

Aula 11 – Turma Experimental (b)

Após passar cerca de quarenta minutos com a turma de controle, o pesquisador foi até a turma experimental para verificar como estava o andamento das atividades. Todos já haviam terminado a câmera, com exceção de um grupo, que faltava apenas colar etiqueta de identificação, porém apenas um dos grupos entregou o questionário. Os demais decidiram fazê-lo durante as férias, o que acabou sendo acatado. As câmeras foram recolhidas e o pesquisador retornou para a turma de controle.

Memorando 11E: aula prática, com a construção de câmeras pinhole. Os alunos reagiram com entusiasmos à construção das câmeras, interagindo com seus colegas e realizando diferentes perguntas, contudo não priorizaram a resolução do questionário, o que talvez mostre certa cansaço em relação às metodologias tradicionais de avaliação. Também houve colaboração por parte de professores da escola para com o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Aula 09 e 10 – Turma de Controle (b)

Ao retornar, o pesquisador constatou que metade da turma, ou algo próximo a isso, não estava na sala. Perguntado se os presentes haviam copiado, foi necessário esperar mais um pouco para iniciar a explicação, sendo preciso pedir silêncio inúmeras vezes. Os alunos não quiseram fazer nenhuma pergunta e não responderam absolutamente nada quando perguntados se haviam compreendido. Foi um momento de tensão e sem nenhum didatismo.

Um exemplo foi passado no quadro. Esperou-se novamente até que copiassem. O pesquisador fechou a porta da sala, que até então estava aberta, pois estava sem a maçaneta. Uma aluna disse que eles iriam ficar trancados, porém foi respondido que havia uma maçaneta na parede. Outra estudante disse, em voz baixa, que o pesquisador “era esperto”.

Depois de inúmeros pedidos, alguns alunos começaram a cooperar, cerca de cinco ou seis. Durante a resolução, bateram à porta, e quando o pesquisador foi abri-la encaixou a maçaneta sobressalente, que não funcionou. Uma aluna disse “*ah, não*”, e todos riram. Rapidamente um aluno se levantou e abriu a porta com o auxílio de uma tesoura escolar.

Passado esse episódio, retornou-se para a resolução, e o nível de pedidos de silêncio e cooperação permaneceu igual. Um aluno perguntou se havia terminado. Dito que não, ele argumentou que a prova seria só um exercício, já que a resolução era bastante longa. Ao término, foi percebido que havia um erro, logo corrigido, bem como os cálculos que se seguiram. Os alunos que acompanhavam a resolução entenderam o porquê da mudança, tanto que anteciparam os motivos pelos quais os resultados não concordariam (discordância entre interpretação dos valores numéricos, via regra de sinais, e características da imagem obtida).

Foi passado um segundo exercício, idêntico ao primeiro, apenas apagando e substituindo os valores numéricos e o tipo de espelho. Eles riram, e uma aluna brincou, dizendo que isso se chamava “*preguiça*”. Todos riram e o pesquisador concordou. Apesar dos episódios de animosidade, o bom relacionamento pessoal entre estudantes e pesquisador não foi comprometido. Contudo, era perceptível que a abordagem tradicional não conseguia converter essa vantagem em um claro avanço didático.

Durante a resolução, o professor de português apareceu na sala e pediu para colocar uma maçaneta na fechadura, o que obviamente foi permitido. O sinal tocou e os alunos começaram a despedir desejando boas férias.

Memorando 09/10C: aula pontuada pelo baixo quórum e pelo desinteresse quase generalizado dos estudantes que estavam presentes. Poucos reagem aos questionamentos, referentes à construção de imagens em espelhos esféricos, configurando uma aula em que provavelmente nenhum aprendizado pôde ser construído, apesar da manutenção do bom convívio entre pesquisador e alunos.

DIA 08 – 03/08/2012

Aula 12 – Turma Experimental

Antes mesmo de tocar o sinal, um aluno perguntou ao pesquisador se iriam “*tirar as fotos com as latas hoje*”. Foi respondido que seria, caso não tivesse chovido no dia anterior, assim a atividade foi postergada para a próxima data.

Começou, então, a última apresentação de *slides*, sobre fotografia digital e Óptica, com cerca de metade dos estudantes em aula, chegando os demais nos minutos seguintes. No início, foram apresentadas algumas fotos de objetos antigos, datados da primeira metade do século XX, pedindo aos alunos que os identificassem. Alguns conseguiram, outros não, o que foi facilitado depois de mostradas as imagens dos objetos atuais, ao lado.

Comparou-se alguns recursos existentes no ano 2000 e em 2012, o que gerou manifestações de surpresa ou mesmo de nostalgia, pois todos eram, nessa época, crianças pequenas (cerca de quatro/cinco anos). Isto mostrou o quanto parte dos hábitos de nossa sociedade alterou-se nesse curto período de tempo em função da transformação tecnológica disponibilizada comercialmente, sobretudo pelos meios de informação e comunicação.

Houve certo espanto ao explicitar como era o armazenamento das fotografias analógicas, em filmes que registravam até 36 poses, em comparação com a capacidade de um cartão de memória de 2 Gb, que pode guardar cerca de 2500 fotos. Uma aluna perguntou se os filmes eram muito caros. Respondeu-se que eram relativamente custosos à época, mas outra aluna disse que eram bastante caros, além de mandar revelar e esperar bastante tempo.

Mostrou-se como era o funcionamento da primeira câmera digital, que tinha 3,6 quilogramas. Isto surpreendeu os estudantes, assim como as características de armazenamento da mesma, e das câmeras pioneiras, que utilizavam fitas cassete ou disquetes.

Durante a explicação do funcionamento das câmeras poucas perguntas foram feitas e quando questionados os alunos diziam entender. Foi explicado o que eram o CCD, o *pixel* e o *zoom*. Um aluno perguntou como era possível saber se a câmera estava usando o *zoom* óptico ou digital, o que foi explicado.

Por fim, foi generalizada a importância fundamental da luz para a formação da imagem. Também foi usada uma lupa para projetar a imagem da janela na parede, mostrando o papel das lentes em focalizar imagens, momento de maior empolgação por parte dos alunos.

Terminada a apresentação, foi pedido para que levassem câmeras digitais para a aula seguinte, pois seria feito um trabalho no qual fotografariam eventos em que a luz está presente (ainda que, na fotografia, qualquer registro mostre os efeitos da luz) como revisão do conteúdo que foi trabalhado. Depois, ainda foi explicado brevemente como funcionava a câmera *pinhole*.

Memorando 12E: espontaneamente, um estudante mostrou interesse em tirar as fotos com a câmera “pinhole”. Os estudantes reagiram positivamente aos questionamentos sobre a apresentação de câmeras fotográficas digitais, havendo momentos de empolgação, espanto ou mesmo nostalgia. Compartilharam conhecimentos de seu dia a dia ou de sua história pessoal. A única demonstração experimental, como ocorrera anteriormente, trouxe maior ânimo aos discentes.

Aulas 11 e 12 – Turma de Controle

Como as aulas para a turma de controle não estavam sendo muito proveitosas, conforme visto nos relatos anteriores, possivelmente pelo uso excessivo do quadro, como os próprios alunos alertavam, foi entregue um material impresso que seria usado para as próximas aulas, sobre refração e lentes esféricas. Os estudantes saudaram a mudança.

Começou a leitura do texto, com pausas para as explicações. Na primeira parte, bastante breve, foi informado o que era a refração, dando destaque a conceitos como raio incidente e refratado e ângulo de incidência e refração. Em seguida, foi definido o índice de refração e mostrada a dedução da Lei de Snell, sempre seguindo o método da leitura e explicação e utilizando o quadro para representações ou desenhos. Em todas as vezes que foram questionados, os alunos disseram que haviam compreendido. Diferentemente das aulas anteriores, os alunos prestavam mais atenção, havendo poucas conversas paralelas, embora alguns estudantes tenham conversado por boa parte do tempo.

Um exercício foi ditado e em seguida resolvido no quadro. Os alunos, mais uma vez, pareciam entender, correspondendo aos questionamentos lançados. Terminada a correção, solicitou-se que resolvessem três exercícios durante a aula, sendo o restante (quatro) para serem resolvidos em casa e entregues na próxima aula, como trabalho avaliativo.



Fig. 5.4: alunos e alunas da turma de controle durante a resolução de exercícios nas aulas 11 e 12.

Os discentes começaram a resolução e retiravam dúvidas indo à mesa do pesquisador, ou vice-versa, o que gerou um bom momento de empenho. Nesse tempo, foram avisados que algumas fotos da aula seriam registradas (figura 5.4). A aula prosseguiu dessa maneira por mais algum tempo, até que, faltando cerca de quinze minutos para o intervalo, iniciou-se a resolução no quadro.

Os dois primeiros exercícios eram bastante simples e a maioria dos alunos que havia questionado conseguiu realizá-los. O problema estava no terceiro, que muitos disseram não conseguir resolver. Contudo, ao indicar o que deveria ser feito, ainda que a resolução não estivesse escrita no quadro, muitos aparentaram entender, embora parte da turma ainda tivesse achado complicado. Ao final da resolução, o sinal tocou, saindo os alunos para o recreio.

Memorando 11/12C: aula sobre refração da luz e lei de Snell, marcada pela alteração da estratégia, com emprego de material impresso para menor uso do quadro, embora se mantivesse uma metodologia tradicional de ensino. Os estudantes se mostraram receptivos, mostrando-se mais atentos e participativos, inclusive na resolução de exercícios.

DIA 09 – 08/08/2012

Aula 13 – Turma de Controle

Algumas alunas pediram ao pesquisador para explicar um exercício do trabalho assim que ele chegara à sala, que respondeu que já explicaria. Ele pediu silêncio à turma, que demorou um pouco a atender, para informar que iria fechar a nota inteira do trimestre e que isso ficaria por conta dos trabalhos. Os alunos ficaram contentes e um questionou se ele não gostaria de fechar a nota do último trimestre também.

Dando prosseguimento, foi solicitado mais um trabalho. Pediu-se que pesquisassem, individualmente, em dupla ou em trio, três instrumentos ópticos distintos e colocassem na forma de um texto, com três ou quatro parágrafos para cada instrumento, as seguintes descrições: o que são, como estão constituídos, sua funcionalidade e utilidade. Deveriam entregar em uma semana, indicando as fontes do trabalho. Um aluno falou, ironicamente, que as perguntas eram bastante complicadas. Um exemplo foi trazido com o uso de óculos como o instrumento óptico escolhido.

Foi explicado simplificadaamente como deveriam ser feitos os exercícios do trabalho e que seriam entregues naquele dia, atendendo à solicitação das alunas ao início da aula. Alguns

alunos, ao perceberem que seus exercícios estavam coerentes, entregaram o trabalho, mas outros o fariam no próximo dia, pois o prazo foi estendido.

Após as explicações, teve início uma discussão sobre lentes, usando a folha impressa entregue anteriormente. Leu-se a introdução do que são lentes, onde estão presentes e como funcionam. Em seguida passou-se para as lentes convergentes e divergentes.

Nesse momento, foi redesenhado no quadro, em passos, as figuras que representam as lentes convergentes e divergentes, apontando como ocorria a refração em cada caso e o porquê da nomenclatura. Quando questionados sobre alguma dúvida, os alunos, seguindo a tradição, responderam que não, geralmente parecendo querer dizer o contrário. Após, foram explicadas as características comuns a cada tipo de lente.

Para exemplificar a convergência, foi usada uma lupa, projetando a imagem da janela na parede, como feito na turma experimental. Um aluno, ao ver a lupa na mão do pesquisador, disse que daria “*para matar formigas*”. Iniciada a projeção, foi perguntado aos alunos o que eles conseguiam enxergar. Alguns segundos depois uma aluna disse, com uma voz de estupefação, “*é a janela*”, e seus colegas falavam “*é mesmo*”, repetindo-se a cena de admiração causada na outra turma.

Elucidou-se que a imagem estava ao contrário pelo posicionamento do foco, entre a lupa e a parede, o que deixaria a imagem nítida. Um aluno perguntou se era possível “*desvirar*” a imagem com dois espelhos. Foi respondido que seria, dependendo do formato do espelho, mas que certamente daria se fosse empregada uma segunda lupa. A lupa foi entregue aos alunos para que pudessem manuseá-la.

Em seguida, foi mostrada a lupa artesanal feita com uma lâmpada incandescente, preenchida com água, que também rendeu comentários empolgados. A mesma projeção foi repetida, indicando aos estudantes que a imagem parecia diferente e que a distância entre a nova lupa e a parede também, devido às distâncias focais. Essa lupa também foi repassada aos alunos, e o primeiro que a recebeu levantou-se para projetar a imagem da janela.

Tentou-se prosseguir com a aula, abordando os raios luminosos principais, mas uma aluna reclamou que já iria bater, embora faltassem dez minutos. A conversa não cessava, mais ainda por causa das lupas que estavam circulando. Alguns alunos tiravam fotos dos colegas com a lupa em frente ao rosto, aproveitando a distorção da imagem.

O aluno que comentou sobre a morte de formigas se levantou e tentou colocar fogo, com a lupa tradicional, em um pedaço de papel higiênico, usando a luz solar que entrava pela janela. Com a ajuda do pesquisador conseguiram queimar o papel, assim ele pôde aproveitar para explicar os motivos que levavam a esse fenômeno. Pouco após, a aula foi encerrada.

Memorando 13C: aula inicialmente caracterizada por avisos e instruções de trabalhos. Houve uso de material impresso e quadro e giz para uma explanação sobre lente. Uma demonstração experimental envolvendo uma lupa suscitou o interesse e interação do alunado, apontando sua carência para esse tipo de estratégia.

Aulas 13 e 14 – Turma Experimental

O pesquisador avisou que sairiam da escola para fotografar. Ele posicionou uma classe em frente ao quadro e colocou uma cadeira sobre a mesma e a *pinhole* sobre a cadeira. Um aluno comentou que ele tinha uma “*baita câmera*”, pois sua lata, de achocolatado, era menor que as de tinta que eles haviam usado.

Explicou-se como deveria ser tirada a foto, indicando que a câmera deveria ficar sobre um lugar imóvel e que, como havia vento, seria necessário colocar uma pedra ou outro objeto sobre ela para que não se mexesse, salientando que não adiantaria alguém segurá-la, já que o tremor da pessoa afetaria a imagem. Todos consentiram com isso.

Logo após, foi mostrado como a foto é tirada, ao remover o lacre que impede a passagem de luz pelo pequeno orifício que serve de abertura. A professora de Física, que estava sentada no fundo da sala em um lugar bastante iluminado, disse que “*ficaria linda na foto*”, justamente pela incidência da luz. Os alunos acharam engraçado. Foi aproveitado para explicar porque a professora sairia melhor na foto, embora a sala de aula fosse um ambiente fechado, não sendo possível registrar uma boa imagem com aquelas condições.

Em certo momento o pesquisador passou pela frente da câmera, e um aluno reclamou que ele havia estragado a foto. Ele respondeu que como o tempo para retirar a foto é longo, pouca luz foi refletida por ele, assim a fotografia não ficaria marcada. A professora também complementou seu argumento, assim o estudante e outros colegas se mostraram convencidos.

As câmeras foram entregues para os alunos, comentando que eles não poderiam abrir as tampas nem remover o obturador, o papel que serve de lacre para a abertura, bem como não chacoalhar a *pinhole*, pois o papel fotossensível, colado na lateral interna da lata pelo

pesquisador em outro local e data, poderia desprender-se, comprometendo a foto. Encerrou-se aquela fotografia e todos saíram em direção à praça do bairro, a cerca de trezentos metros da escola. Antes, os alunos foram lembrados para levar suas câmeras digitais ou celulares, já que precisariam realizar outro trabalho, fotografando imagens relativas à luz.

Já no local, explicou-se que a foto deveria ser tirada contra o Sol e, caso a abertura ficasse um pouco virada para ele, poderiam produzir alguma sombra sobre a *pinhole*. Também foi dito que o tempo de exposição deveria ser de um minuto e meio ou dois minutos, pois o dia estava um pouco encoberto, embora o tempo abrisse em certos momentos. Os alunos se espalharam pelo local para tirar suas fotos (figura 5.5). Alguns ficaram pela praça, enquanto outros caminharam um pouco mais para trás, para tirar fotos da antiga estação de trem.



Fig. 5.5: estudantes da turma experimental portando suas “pinholes”, durante as aulas 13 e 14.

O primeiro grupo (figura 5.6), acompanhado pelo pesquisador, tirou uma foto deles próprios, posicionando a câmera sobre um monumento, com a praça ao fundo.

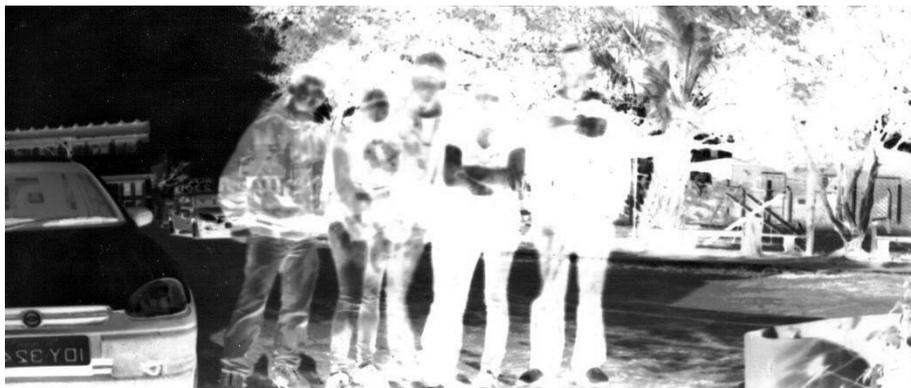




Fig. 5.6: negativo (pág. 96) obtido pelo primeiro grupo da turma experimental a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (acima).

Na estação, estava a professora de Física monitorando alguns grupos. Alguns estudantes sentaram na estação, pondo a *pinhole* sobre tijolos empilhados (figura 5.7).

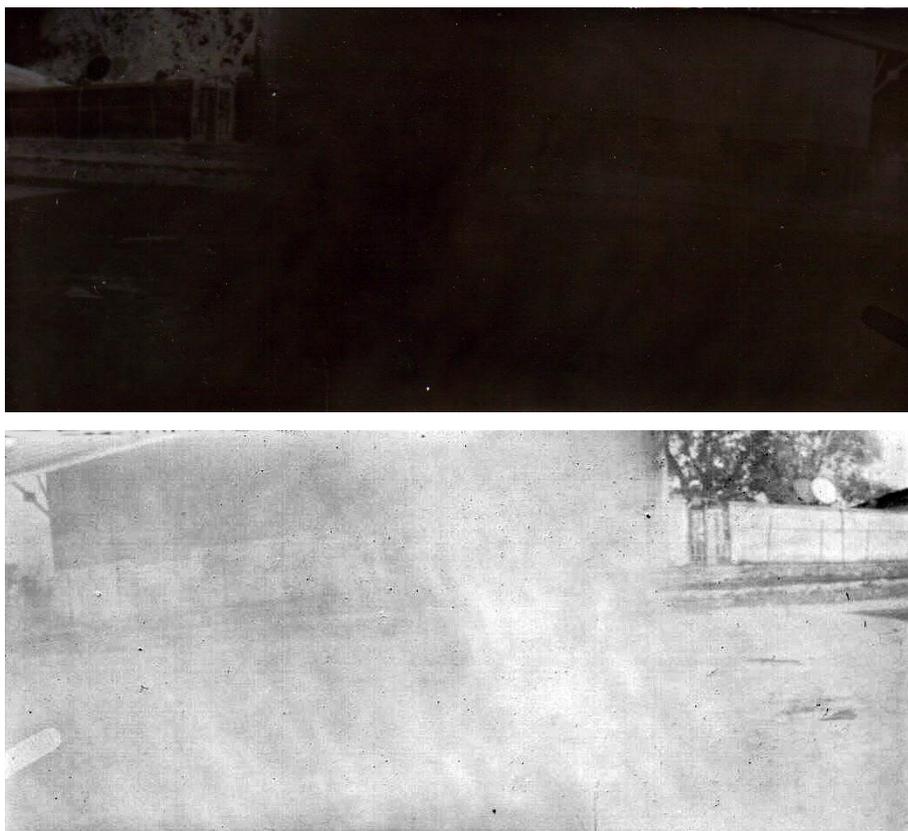


Fig. 5.7: negativo (acima) obtido pelo segundo grupo da turma experimental a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (abaixo).

O pesquisador seguiu até outro grupo, que ainda estava decidindo o que fotografar, então uma aluna fez uma sugestão, mas foi lembrada que, preferencialmente, a *pinhole* não

poderia ficar diretamente virada para o Sol, assim o grupo mudou de ideia, seguindo para outro local (figura 5.8).



Fig. 5.8: negativo (acima) obtido pelo terceiro grupo da turma experimental a partir de sua câmera "pinhole" e o positivo da imagem (abaixo).

De volta à praça, um grupo menor estava fotografando a rua (figura 5.9). Perguntados se precisavam de ajuda, disseram que não, porque já estavam fotografando. Quando questionados quanto ao tempo de exposição da fotografia, disseram que seria de dois minutos.





Fig. 5.9: negativo (pág. 98) obtido pelo quarto grupo da turma experimental a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (acima).

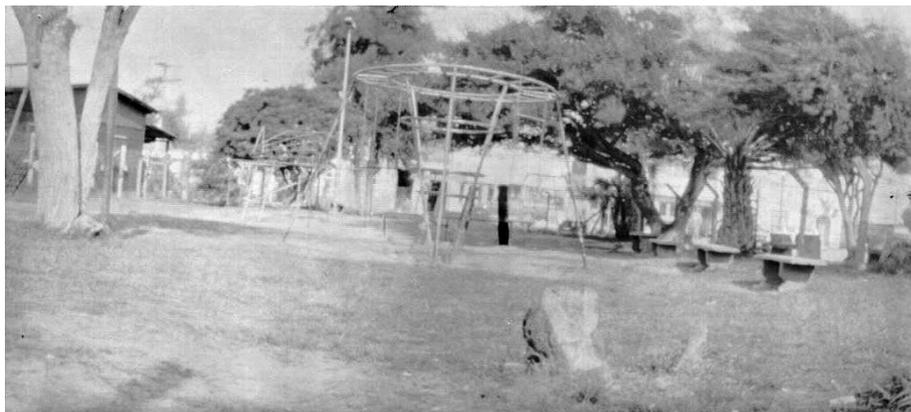


Fig. 5.10: negativo (acima) obtido pelo quinto grupo da turma experimental a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (abaixo).

O quinto grupo estava no interior da praça fotografando os brinquedos (figura 5.10). Quando o pesquisador chegou à praça, os estudantes do quinto grupo o “reprenderam” por

ter passado em frente à câmera, dizendo que ele sairia na foto, tal qual havia ocorrido em aula com o mesmo aluno, o que foi lembrado.

Por sugestão da professora de Física, um grupo colocou tijolos empilhados sobre os trilhos, fotografando os mesmos (figura 5.11), porém, no momento final, um apito anunciou a chegada do trem, o que rendeu gargalhadas de alguns dos presentes, pois as alunas envolvidas começaram a remover os tijolos rapidamente a fim de evitar acidentes, embora houvesse tempo mais do que suficiente para saírem de lá.

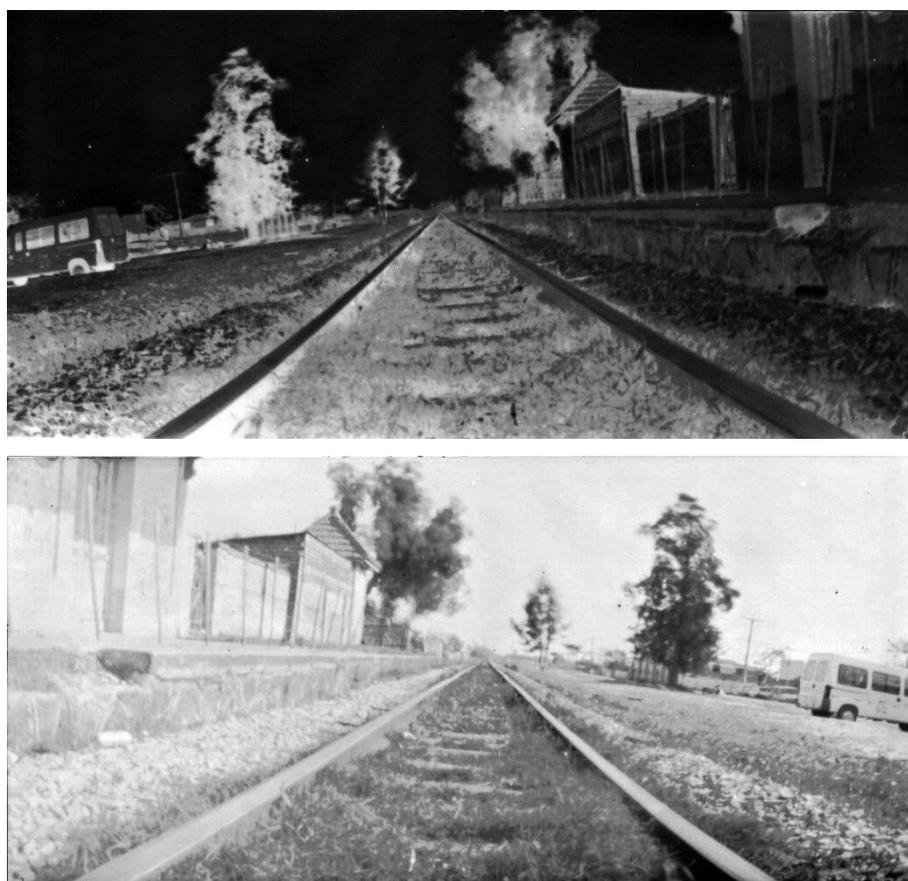


Fig. 5.11: negativo (acima) obtido pelo sexto grupo da turma experimental a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (abaixo).

Os alunos se afastaram dos trilhos nesse momento. O pesquisador aproveitou para retirar uma foto com outra *pinhole*, já com o trem chegando à estação, com o tempo de exposição de dois minutos e meio, pois havia ficado mais nublado (figura 5.12).



Fig. 5.12: negativo (acima) obtido pelo pesquisador a partir de sua câmera “pinhole” e o positivo da imagem (abaixo).

Passada a primeira atividade, os grupos foram avisados que deveriam tirar as fotos com as câmeras digitais. Um grupo pediu ao pesquisador a lupa emprestada. Os grupos perguntavam sobre o que deveriam fotografar. Foram auxiliados com algumas dicas, mas nada foi apontado diretamente.

A maioria fotografava o Sol, sombras ou vidros. Os alunos começaram a tentar queimar folhas caídas no chão com a lupa, e tiveram êxito após algumas tentativas, já outros tentaram queimar formigas, mas não encontraram nenhuma.

De volta à sala de aula, foram recolhidas as *pinholes* e explicado o que os discentes deveriam preparar para a próxima aula: escolher três fotografias, dentre as digitais, e explicar a relação da luz nas mesmas. As dúvidas que surgiram foram sanadas e assim encerrou a aula, pouco antes de tocar o sinal.

Memorando 13/14E: aula iniciada com explicações sobre o uso de câmeras pinhole, que contou com a participação da professora de Física e dos discentes. Após, todos deixaram a escola para uso do equipamento, estabelecendo-se uma relação de convívio com a comunidade, mostrando-se os alunos empolgados com a atividade, tomando perguntas ou assumindo o rumo de seus trabalhos. Os registros com câmeras digitais também constituiu um momento agradável.

DIA 10 – 10/08/2012***Aula 15 – Turma Experimental***

Nesse dia, após perguntas e comentários iniciais sobre as fotos das câmeras de lata, foram mostradas algumas fotografias sobre o processo de revelação e fixação da imagem para fotografias *pinhole* (figura 5.13).



Fig. 5.13: duas etapas do processo de revelação dos negativos obtidos a partir das câmeras “pinhole”.

A sala estava muito clara naquela ocasião, dificultando acentuadamente a visualização das projeções ao longo da aula. Também foram exibidos dois vídeos gravados durante o processo de revelação, porém estavam em baixa qualidade. Os alunos se aproximaram do monitor do computador para conseguir vê-los. Uma aluna disse que havia visto algo parecido em filmes.



Fig. 5.14: exemplo de fotografia “pinhole”, em negativo (esquerda) e positivo (direita), apresentada aos estudantes pelo pesquisador.

Após, foram exibidas algumas fotografias retiradas com uma câmera *pinhole* pelo pesquisador, expondo de que maneira o negativo pode ser convertido em um positivo, através

de simples procedimentos em *softwares* de edição de imagens (figura 5.14), como a inversão de cores e a inversão horizontal.

Os alunos perguntaram ao pesquisador onde aquelas fotos haviam sido registradas, que respondeu que era a beira de uma rodovia no próprio bairro da escola, então um aluno comentou para um de seus colegas “*viu só, eu te falei*”, mostrando que havia identificado o local.

Foram mostradas aos alunos as fotografias registradas na aula anterior, que ficaram satisfeitos com os resultados. A exceção foi um grupo que possivelmente deixou a câmera exposta à luz por muito tempo, o que comprometeu o resultado, ficando o negativo escuro demais, mas eles identificaram algumas figuras em sua imagem. Os negativos originais foram repassados para que pudessem apreciá-los, mas foi solicitada sua devolução ao final da aula.

Um grupo que fotografou a si próprio comentou que suas imagens não estavam nítidas, ao contrário de um carro que estava ao lado, concluindo que se movimentaram durante o tempo de exposição. Uma das componentes disse que havia registrado com uma câmera digital uma foto do mesmo lugar onde fora colocada a *pinhole*, para comparar os resultados, que ela iria postar em uma rede social.

Em seguida, foi solicitado aos alunos que apresentassem as fotografias registradas com câmeras digitais. Após uma resistência inicial, alguns se dispuseram a começar.





Fig. 5.15: apresentação das fotografias digitais registradas pelo primeiro grupo.

O primeiro grupo apresentou fotos de sombras e reflexão (figura 5.15). Uma componente disse que, depois de terminada a aula, lembrou que poderia ter pedido a algum colega que usa óculos para retirar uma foto, como um exemplo para refração.



Fig. 5.16: apresentação das fotografias digitais registradas pelo segundo grupo.

O próximo grupo trouxe fotos com sombra, reflexão e refração (figura 5.16). Antes da apresentação, eles mostraram uma folha ao pesquisador para que conferisse suas anotações, talvez com receio de algo equivocado. No momento da apresentação, leram o texto ao grande grupo, mas, mesmo assim, aparentaram ser o único grupo que se preparou para o trabalho.

O terceiro grupo apresentou rapidamente após o sinal tocar e, a exemplo do que havia feito o primeiro, também improvisou, com fotos sobre sombras, reflexão e refração (figura 5.17).

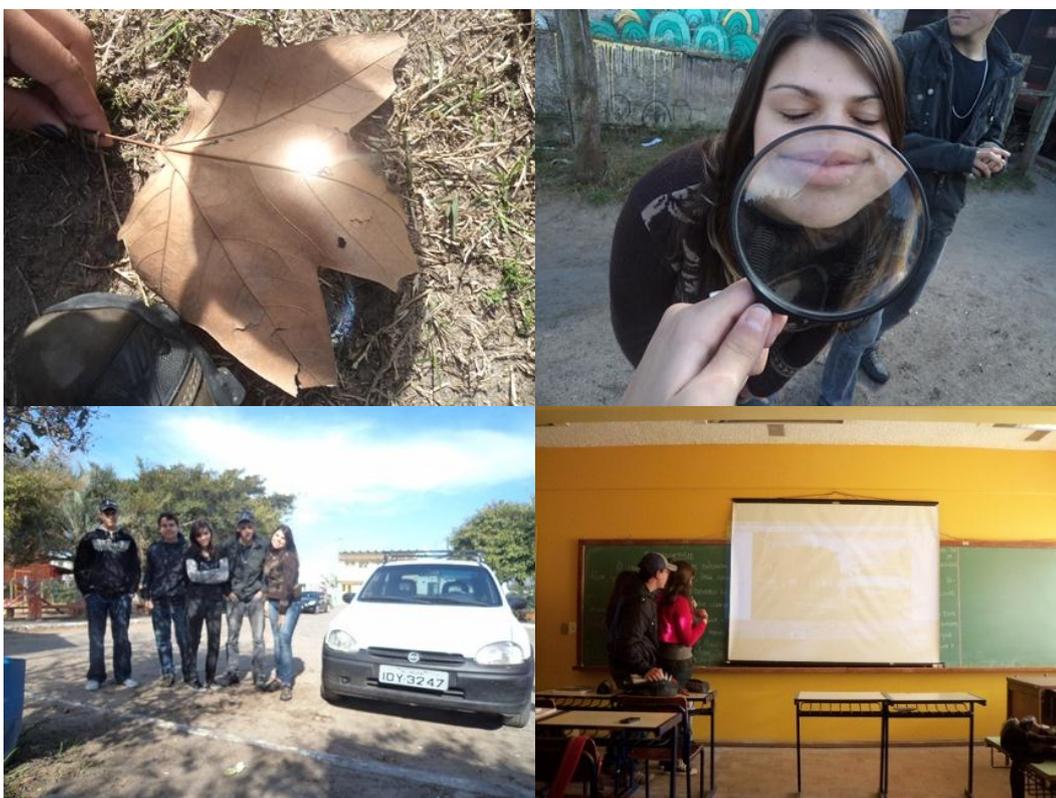


Fig. 5.17: apresentação das fotografias digitais registradas pelo terceiro grupo.

Memorando 15E: aula iniciada por ensinamentos quanto à revelação das fotografias obtidas com as câmeras estenopeicas. Os estudantes, em maioria, ficaram satisfeitos com suas fotografias, buscando estabelecer as relações que possam ter levado ao resultado final. Os alunos mostraram-se inibidos ao apresentar suas fotografias digitais ao grande grupo, mas conseguiram realizar a tarefa.

Aulas 14 e 15 – Turma de Controle

Os estudantes estavam reunidos para discutir assuntos referentes a sua formatura. Ao ver o pesquisador, uma aluna que estava com a palavra disse “*pode entrar professor, fica a vontade*”, que respondeu “*muito obrigado*”, gerando risos.

Foi demandado aos discentes que abrissem o material impresso entregue em aula anterior na parte de formação de imagens em lentes esféricas. Houve a leitura de alguns tópicos sobre os raios principais, redesenhados no quadro. Ao perguntar se os alunos tinham alguma dúvida, a resposta foi não.

Dois exemplos foram expostos no quadro, sempre com questionamentos aos alunos, para que participassem do processo, o que rendeu certa colaboração, embora geralmente existisse uma conversa paralela. Terminadas as resoluções, lhes foi solicitado que resolvessem os seis exercícios e entregassem ainda naquela aula, pois seriam avaliados. Uma aluna comentou, ironicamente, que o pesquisador “*não era assim*”. Ele riu um pouco da situação, e depois disse que eles poderiam fazer os trabalhos em dupla.

A aula de resolução se estendeu com o pesquisador atendendo às solicitações de ajuda. Geralmente, os estudantes sabiam o que fazer, mas ficavam inseguros. Observou-se que estudantes submetidos ao método tradicional de ensino traduzem a aprendizagem em Física, possivelmente, à exatidão de um valor numérico após a resolução de determinado problema mais do que na compreensão do contexto ao qual tal situação está inserida, impressão que provavelmente os acompanhará para a vida toda.

Em certo momento, a vice-diretora e a orientadora pedagógica estiveram na sala de aula para entregar aos alunos um presente pelo dia do estudante (11/08). Próximo ao final da aula, os alunos que haviam concluído o trabalho pediam para sair, o que somente foi permitido faltando dois minutos para tocar o sinal, ficando poucos resolvendo os últimos exercícios. A atividade adentrou um pouco o recreio, mas todos a concluíram.

Memorando 14/15C: aula com enfoque tradicional, havendo explicação sobre formação de imagens com lentes esféricas, pelo uso do quadro. Os estudantes contribuíram durante a resolução dos exemplos, contudo persistiu certa conversa paralela. Após, realizaram um trabalho avaliativo, conseguindo realizar a atividade sem grandes empecilhos, sozinhos ou solicitando auxílio ao pesquisador.

DIA 11 – 15/08/2012

Aula 16 – Turma de Controle

Naquele dia, devido a vários problemas com um novo projetor *datashow* e a impossibilidade do uso da sala de vídeo, com um atraso de cerca de quinze minutos teve

início uma apresentação de *slides* sobre cores. O objetivo estava em intercalar os *slides* com experimentos, porém a claridade da sala de aula não permitiu essa segunda parte, sendo que apenas uma demonstração experimental foi realizada (decomposição da luz em um CD, através da reflexão da luz solar em uma parede).

Os estudantes conversavam ininterruptamente. Como consequência, boa parte da aula foi infrutífera. Um grupo grande, de cerca de seis ou sete alunos, não fazia silêncio, mesmo com insistentes pedidos. Em compensação, outro grupo equivalente, também ao fundo da sala, fez bastantes perguntas. Uma aluna questionou se o pesquisador mandaria a apresentação por e-mail, que disse sim.

Uma das perguntas, justamente quando demonstrada a decomposição da luz, foi de uma aluna que relacionou a imagem obtida com o arco-íris, questionando como o mesmo se forma. Quando apareceu a foto de um arco-íris ela e suas colegas ao redor exclamaram “*ah...*”. Aparentemente, entenderam a explicação. A apresentação dos passos da formação da imagem da nebulosa de Órion pelo telescópio Hubble também chamou a atenção, destacando as cores aditivas primárias.

Já tendo passado pela conceitualização da cor em termos da definição da luz enquanto onda eletromagnética, pelos aspectos de frequência e comprimento de onda, seguiu-se para as cores enquanto pigmentos, ilustrada principalmente pelas impressoras jato de tinta.

O sinal tocou quando se iniciou a parte sobre as cores dos objetos, porém os alunos se levantaram, ao menos a maioria, sem cerimônia, não aguardando pelo fim da apresentação, que não teria continuidade, pois a próxima aula seria a última.

Memorando 16C: a aula foi marcada por certa frustração do pesquisador, por não conseguir usar o espaço adequado e pelas falhas apresentadas pelo equipamento de projeção. Em consequência, houve dispersão dos estudantes, dividindo-se entre aqueles que queriam prestar atenção às explicações e aqueles que preferiram ignorá-las. Acredita-se que tenha sido a aula menos proveitosa junto à turma de controle.

Aulas 16 e 17 – Turma Experimental

O pesquisador instalou o novo *datashow* com o auxílio de um aluno, que lhe perguntou como o mesmo funcionava, já aquele modelo não necessitava ser ligado a um computador, pois ele próprio o era.

Foi solicitado aos grupos faltantes que apresentassem suas fotografias. Eles demoraram, mas finalmente tomaram coragem. Dois grupos se apresentaram simultaneamente e as fotos foram semelhantes às dos grupos anteriores. O último grupo também fez algo parecido. Todos falaram sobre sombras, reflexão, emissão de luz ou refração, como esperado.

Cada aluno recebeu cópias impressas dos negativos que eles haviam obtido com a *pinhole*, em tamanho reduzido, e também um positivo das mesmas. Alguns alunos agradeciam pelas fotos, embora um grupo tenha se mostrado decepcionado, pois “queimou” sua fotografia. Eles brincaram que o pesquisador não precisava ter gasto para imprimir a foto deles, embora fosse possível identificar muitos detalhes nela.

Um grupo de alunos perguntou se eles poderiam continuar fazendo fotos daquele tipo, e foi dito que sim, que seria perfeitamente possível, pois poderiam usar o artigo que lhes foi entregue como guia, além de ver outros materiais na *internet*. Um aluno perguntou se as câmeras lhes seriam dadas, mas foi respondido que não seria possível. Entretanto, o pesquisador comentou que era fácil fazer e que ele poderia construir outra, tendo a concordância do aluno.

Outra aluna perguntou se o papel usado era o “*normal para fotografia*”, que se adquire em papelarias. Foi respondido que não, que ela deveria procurar um específico para *pinhole* e que infelizmente era caro e um pouco difícil de obter. Na sequência, devido ao questionamento de um aluno, reexplicou-se sobre revelação de fotos, sendo lembrado que no artigo que haviam recebido constavam todos os passos, estando a maior dificuldade em conseguir os produtos químicos necessários.

A inclinação dos estudantes pela continuidade daquelas atividades tornou-se nítida por suas perguntas. Espera-se, contudo, que os princípios básicos da Física também tenham sido adequadamente apropriados durante essa vivência. Entretanto, ainda que não os tenham captado, o simples fato de tal trabalho ter sido desenvolvido em uma aula de Física já expõe fortemente que há uma relação intrínseca entre a produção de fotografias, independentemente dos meios utilizados (*pinhole*, filmes, dispositivos digitais etc.), e esta ciência.

Passado aquele momento, pediu-se para que os alunos separassem as classes (já que se sentam em duplas), pois seria feito um teste (no caso, o pós-teste, por meio do mesmo instrumento utilizado para o pré-teste). Após um susto inicial, pois diziam não se dariam bem, por não ter estudado, foi-lhes informado que não valeria nota, o que rendeu suspiros de alívio.

Feitas as recomendações, começou-se a entregar o material. Ainda durante aquele procedimento, alguns discentes comentavam entre si que o teste era igual ao de antes. Outros alunos perguntaram ao pesquisador se seria o mesmo, mas ele respondia vagamente “*não sei*”. Junto com o teste também foi entregue um questionário para avaliação das aulas desenvolvidas durante o projeto, com cinco questões abertas.

Um aluno respondeu muito rápido e perguntou se poderia sair, sendo respondido que não, pois ainda era muito cedo. Ele perguntou até quando o pesquisador daria aula, que respondeu que permaneceria na escola até o próximo dia letivo.

À medida que os estudantes concluíam o pós-teste a conversa intensificava-se, ainda que o pesquisador solicitasse que fizessem silêncio para não atrapalhar aos colegas. O primeiro aluno perguntou se ele já poderia dar aula depois que terminasse o “*estágio*”, então uma aluna respondeu que ele já era formado, que estava fazendo um mestrado. Depois o mesmo aluno ainda disse que, se ele fosse professor, passaria todos os alunos que pagassem cinquenta reais para ele, por trimestre. Depois ele repensou sua opinião, dizendo que seria processado. Ele chegou à conclusão de que seria advogado.

Apesar dessa e outras situações terem demonstrado curiosidade sobre o cotidiano do pesquisador, o que não deixa de estar relacionado ao bom desenvolvimento extraído das aulas de Física, certamente não foi o momento mais adequado para estas inquirições, já que os discentes estavam realizando o pós-teste e preenchendo ao questionário, o que pode ter influenciado na aquisição destes dados. Contudo, essa é uma variável que jamais seria denunciada em uma análise quantitativa pura de dados, mostrando o quanto as técnicas qualitativas também são igualmente ricas e densas.

Passados muitos minutos, os estudantes já haviam terminado o pós-teste. Como estava próximo ao final da aula, os alunos foram liberados. Alguns pediram ao pesquisador para repensar o término das atividades e outros ainda brincaram que lhe amarrariam à mesa e trancariam a sala para que ele não saísse, indicando que as relações sociais em sala de aula tinham fluído adequadamente.

Memorando 16/17E: a aula iniciou de modo apático, pois nenhum grupo queria realizar a apresentação de seu trabalho, o que foi superado. Em seguida, cada aluno recebeu uma cópia da imagem registrada por seu grupo com a câmera “pinhole”, parecendo contentes. Alguns estudantes perguntavam como poderiam permanecer executando tal atividade, demonstrando que essa modalidade de fotografia pode ter agregado aprendizagens significativas aos mesmos. O pós-teste foi

realizado no mesmo dia, ocorrendo de forma tranquila, apesar de certa conversa do meio para o fim da atividade, principalmente por perguntas dos estudantes acerca da vida do pesquisador, mostrando a construção de um bom relacionamento entre os envolvidos.

DIA 12 – 20/08/2012

Aula 18 – Turma Experimental

Os estudantes estavam ansiosos por suas notas. O pesquisador explicou como foi realizada a avaliação de cada trabalho e ao questionar se poderia anunciar os nomes e as notas em voz alta a turma respondeu que “sim”, “sem problemas” e “fala logo!”, demonstrando que estavam mesmo apreensivos. Todos ficaram satisfeitos, pois tiveram bom desempenho.

Seguindo a aula, foi feita uma breve introdução da área que eles passariam a estudar, Termodinâmica, a pedido da professora. Usando quadro e giz, foram escritos e comentados alguns conceitos fundamentais, como temperatura, escalas termométricas e calor, tudo resumidamente e com algumas exemplificações.

Um aluno perguntou “onde tá o caderno?”. O pesquisador perguntou que caderno, e ele disse o caderno que ele deveria estar olhando, pois escrevia no quadro sem consultar nenhum material. Uma aluna comentou “é mesmo”, então ele brincou que era algo fácil, pois se tratava da parte inicial do conteúdo, contudo os alunos pareciam duvidar um pouco.

A aula seguiu nesse ritmo até seu final. Quando tocou o sinal um desenho sobre definição de calor foi concluído e logo explicado. O pesquisador se despediu e os estudantes novamente agradeceram pelas aulas.

Memorando 18E: a última aula com a turma experimental serviu para introduzir o conteúdo com os quais os estudantes seguiriam trabalhando, não havendo relação com a pesquisa de mestrado. O pesquisador anunciou as notas do trimestre, ficando todos satisfeitos com o resultado final.

Aulas 17 e 18 – Turma de Controle

A aula começou com alguns questionamentos sobre suas notas. Foi dito que ainda não estavam concluídas, pois estavam entregando naquele momento o último trabalho. Quando todos estavam em aula, foi pedido para que separassem as classes (realização do pós-teste e

do questionário opinativo). Como ocorreu na turma experimental, eles protestaram dizendo que não sabiam nada e que não haviam estudado.

Terminada a arrumação das classes, foi dito para eles que havia duas boas notícias: a primeira, que o teste não valeria nota e a segunda que esse era o último dia de aula com o pesquisador. Eles reagiram animados com a primeira e um pouco desanimados com a segunda. Uma aluna brincou que ele “*não aguentava mais dar aula para eles*”. Os testes foram entregues e se repetiram os comentários de “*é igual ao outro*”, ao que uma aluna disse que “*era diferente*”, pois “*agora a gente já sabe*”.

Enquanto faziam o pós-teste, uma aluna perguntou se as notas seriam divulgadas naquele dia. O pesquisador respondeu que sim, pois corrigiria os trabalhos enquanto eles realizavam o teste. Duas alunas pediram para sair, pois precisavam imprimir seu trabalho, o que foi permitido, pois haviam terminado a atividade. Outra aluna comentou, brincando, que eles compunham a melhor turma para a qual o pesquisador já havia dado aula, que respondeu “*com certeza*”.

Os que terminavam ficavam conversando, mas sobre assuntos distintos ao teste. Passado um bom tempo, uma aluna perguntou, novamente, se não divulgaria as notas, então foi respondido que ainda havia estudantes respondendo o teste, assim eles começaram a pedir que os colegas se apressassem, mas o pesquisador informou não haver necessidade. A turma começou a conversar sobre as atividades que fariam para sua formatura, convidando o pesquisador para um jantar que estavam organizando para levantar fundos para uma viagem.

Tendo todos concluído, os testes foram recolhidos e então explicou-se como foi calculada a nota final, com o peso de cada avaliação. Disseram que as notas poderiam ser lidas em voz alta ao serem questionados. Manifestaram-se com contentamento ao saber as notas, pois passaram. Em seguida, foram devolvidos todos os numerosos trabalhos.

Próximo ao final da aula, um aluno perguntou se eles poderiam sair, sendo permitido. Alguns alunos se despediram enquanto deixavam a sala. Assim foi finalizado o décimo segundo e último dia de atividades na escola, encerrando a aplicação preliminar do projeto de pesquisa.

Memorando 17/18E: a última aula com a turma de controle foi marcada pela realização do pós-teste com os estudantes, que transcorreu de forma tranquila. Após, anunciou-se as notas finais do trimestre, o que alegrou aos estudantes.

5.3 ANÁLISE QUALITATIVA DO ESTUDO PRELIMINAR

Para a análise que se segue, foram utilizados os registros coletados durante a execução do presente Estudo Preliminar. Compõem os mesmos os diários de campo, que deram origem aos relatos e memorandos apresentados na seção 5.2, os escores do pré-teste e pós-teste de conhecimentos em Óptica, os trabalhos realizados pelos estudantes, as fotografias e os questionários opinativos. Pela natureza dos dados, parte da interpretação se dará de forma qualitativa na presente seção, enquanto será empregada análise quantitativa por meio de estatística descritiva sobre os dados inerentes aos testes na seção 5.4.

A leitura dos relatos mostra que, com certa frequência, problemas estruturais afetaram o prosseguimento de algumas atividades. O tempo empregado para o transporte e instalação do projetor, seu mau funcionamento em alguns casos ou a inexistência de um espaço adequado para a realização dos experimentos evidenciaram algumas das dificuldades que certamente impactaram o resultado das aulas para ambas as turmas. Além disso, muitos estudantes precisavam sair mais cedo devido ao transporte escolar. Contudo, é notoriamente sabido que tais deficiências materiais e operacionais afetam a maioria das escolas públicas estaduais do Rio Grande do Sul, cenário similar no restante do país. Por tal motivo, os comentários seguintes estarão focados sobre o objetivo central da pesquisa, que é o aprendizado da Óptica e o subsídio que a História da Ciência e a fotografia podem fornecer.

De maneira geral, ambas as turmas mostraram-se colaborativas durante o desenvolvimento do projeto. Costumavam auxiliar durante a montagem do *datashow*, na realização dos experimentos ou por vezes cobrando os colegas para diminuir a agitação em sala de aula. Tais interações, sejam estas entre os próprios estudantes, estudantes e pesquisador ou mesmo estudantes e material de ensino (elaborados também com o objetivo de despertar sua iniciativa autodidata), certamente colaboraram para sua aprendizagem, pois, conforme Vygotsky, o fator ambiental exerce papel essencial no estabelecimento de novos processos cognitivos. Contudo, a diferenciação da abordagem adotada para cada turma visivelmente repercutiu na interação entre pesquisador e alunos.

Não foi difícil observar momentos de impaciência do pesquisador com a turma de controle, o que comprometeu acentuadamente a comunicação entre ambos. Isso pouco ocorreu na turma experimental, pois a constituição de um espaço aberto ao diálogo, favorecido pelas abordagens históricas e pelo uso da fotografia, propiciou momentos de

discussão mais proveitosos. Pensa-se que responsabilidade lançada sobre um professor focado no ensino tradicional sobrecarrega-o, pois imputa ao mesmo o dever de desenvolver todas as ações de sua aula, enquanto os alunos se colocam em uma perspectiva mais passiva. No caso da turma experimental, o pesquisador partilhou conhecimentos, mas também recebeu novas informações, o que mostra que tal abordagem beneficiou não somente o aprendizado do alunado como também o desempenho e bem-estar do próprio professor.

As situações de atrito que marcaram a vivência com a turma de controle decorreram da adoção da metodologia tradicional. O menor espaço fornecido para os estudantes expressarem seus saberes tornava as aulas enfadonhas para os mesmos, resultando nas inúmeras conversas paralelas e na dependência da proatividade docente. Já no ambiente da turma experimental, produziu-se um dinamismo que era bem vindo naquela circunstância, pois a ação do estudante se punha como um retorno necessário para a própria continuação da aula.

O estabelecimento do novo modelo mostrou-se mais aprazível em decorrência da tentativa de pôr em cena uma estratégia que se valeu da História e Epistemologia da Ciência. Evidentemente, os estudantes da turma experimental não aprenderam toda a evolução histórica do conceito de luz, com seus diferentes personagens e fatos, mas tampouco era esta a intenção. O objetivo estava em fornecer um aporte que não fomentasse idealizações ingênuas a respeito da construção da ciência, sobretudo em oposição ao empirismo, como tratado em Capítulo anterior. Dessa maneira, ideias eram apresentadas e, por vezes, discutidas, para só posteriormente chegar-se a uma formalização ou demonstração experimental.

Uma das oportunidades oferecida aos estudantes da turma experimental para manifestar suas impressões acerca da evolução histórica da luz se deu próximo à metade do minicurso, após as duas primeiras apresentações de *slides*, que tratavam precisamente da construção do conceito de luz ao longo do tempo, conforme trazido nos relatos de campo (*Dia 05, Aulas 06 e 07*).

Através de textos, todos os estudantes relataram opiniões sobre as aulas e sua influência para a compreensão do conceito de luz, os quais trouxeram grandes contribuições, sendo selecionados alguns fragmentos que apresentam maior relevância à análise.

Bem, os aulas diversificadas pudemos além de aprender, teoricamente, sobre a luz, pudemos ver na prática o que acontecia. A evolução do conhecimento sobre a luz aconteceu gradualmente, e essa tarefa não foi feita por apenas um físico, o estudo de vários físicos ao longo dos anos contribuiu para o que ~~seco~~ sabemos hoje sobre luz e ondas. Esse conhecimento foi fundamental para a invenção de rádio, telefone, celulas, televisores e controladores remotos.

Fig. 5.18: fragmento do depoimento de um estudante da turma experimental – Estudante 01.

Este fragmento (figura 5.18) aponta que o Estudante 01 captou a essência do que se pretendia compartilhar por meio da abordagem histórica: a noção de que a ciência decorre de um esforço coletivo, duradouro e fundamentalmente humano. Ainda que nessa etapa do minicurso não houvesse ocorrido o uso da fotografia e a discussão do impacto da evolução da luz para os recursos eletrônicos atuais, esse estudante compreendeu que tais conhecimentos foram essenciais para a evolução tecnológica, ao apontar a invenção de diferentes equipamentos, o que seria um indício da ocorrência de uma aprendizagem significativa a respeito da relação de dependência entre desenvolvimento científico e tecnologia.

As aulas foram muito boas as aulas de Física desse trimestre, eu gostei muito. Pela primeira vez na vida eu gostei de aulas de Física, e consegui entender a matéria. É muito bom ver como foi que iniciou o estudo de alguma coisa, ver todo o processo, todo o caminho trilhado pelos pensadores da época, até chegar ao que se sabe hoje. Isso ajuda muito a entender como aquilo tudo surgiu e por que hoje é assim. Semando isso as últimas explicações e os experimentos que o professor nos disponibilizou, fica muito mais fácil compreender o conteúdo, nesse caso a Óptica. Pois sinceramente acho que Física não são só fórmulas e cálculos, precisa saber o que é, de onde surgiu, pra saber como aplicar as fórmulas e fazer os tais cálculos.

Fig. 5.19: fragmento do depoimento de uma aluna da turma experimental – Estudante 02.

O êxito pelo uso da História se deu não apenas pelo embasamento ou pelo favorecimento de reflexões, mas também pelo nível de segurança fornecido aos estudantes.

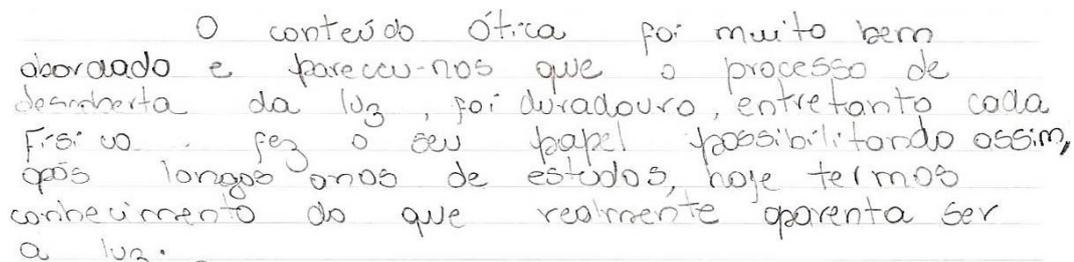
Enquanto o aluno da turma de controle só teria a chance de acreditar ou não naquilo trazido pelo pesquisador, o da turma experimental foi apresentado a uma base que lhe concedia subsídios para avaliar com maior clareza se aqueles saberes tomavam certo sentido, permitindo-lhe sair da passividade que acomete e acomoda os discentes em sala de aula, conforme se vê na fala da estudante 02 (figura 5.19).

Já o seguinte Estudante 03 (figura 5.20), ao elaborar sua síntese, buscou focar-se em relatos históricos:

Newton falou que a luz seria feita por partículas e fez vários experimentos para comprovar sua tese e por muito tempo conseguiu falar que isso seria a luz.
 Já Huygens falou que a luz era feita por ondas e também fez vários experimentos e pesquisas para comprovar a sua tese e vários anos se passaram e ficou o seguinte: o que é a luz?
 Depois de muitos anos Einstein falou que a luz é feita por ondas e partículas e por meio de pesquisas conseguiu provar sua tese, hoje todos nós sabemos o que realmente é a luz.

Fig. 5.20: fragmento do depoimento de um aluno da turma experimental - Estudante 03 (letras em vermelho decorrem da correção do pesquisador).

O Estudante 03 pôs como destaque o empasse estabelecido entre as teorias de Newton e de Huygens e a contribuição fornecida por Einstein, deixando indicado nos três casos que, ao menos na construção da Óptica Física, as ideias antecederiam a observação. Contudo, aponta que o processo de modificação do conceito de luz estaria finalizado, ao escrever que “hoje todos nós sabemos o que realmente é a luz”, ao contrário do que colocou a Estudante 04 (figura 5.21), quando registrou que hoje temos “conhecimento do que realmente aparenta ser a luz”, o que pode induzir a uma transitoriedade do conceito. Destaca-se aqui que a transformação de concepções epistemológicas não é instantânea, mas, ao que parece, houve certa evolução em comparação à percepção atribuída ao senso comum.

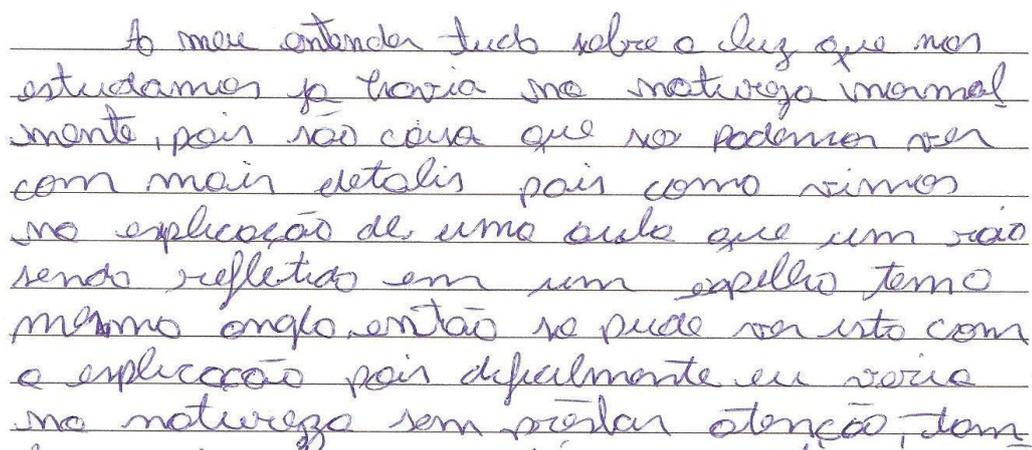


O conteúdo Ótica foi muito bem abordado e pareceu-nos que o processo de descoberta da luz, foi duradouro, entretanto cada Físico fez o seu papel possibilitando assim, após longos anos de estudos, hoje temos conhecimento do que realmente aparenta ser a luz.

Fig. 5.21: fragmento do depoimento de uma aluna da turma experimental – Estudante 04.

Os conflitos internos originados pelo aspecto histórico da ciência são fundamentais para a evolução cognitiva dos estudantes. Nesse ponto, cabe lembrar a zona de desenvolvimento proximal, importante conceito de Vygotsky que estabelece o nível em que um conjunto de novas aprendizagens poderá ser apropriado por um indivíduo através da orientação de outrem. Assim sendo, os referidos conflitos precisaram respeitar a então cognição dos estudantes a fim de que eles estivessem aptos e se sentissem motivados a aprender, seja pelo apoio de seus pares ou do pesquisador.

Alguns relatos, ainda referentes ao mesmo trabalho, trouxeram reflexões de como a imagem dos estudantes em relação à Física pôde ter sido abalada, porém não necessariamente modificada, como já referido. O Estudante 05 (figura 5.22) trouxe a seguinte reflexão:



É mais entender tudo sobre a luz que nos estudamos já havia na natureza inicialmente, pois só coisa que nos podemos ver com mais detalhes pois como vimos na explicação de como a luz que um raio sendo refletido em um espelho tem o mesmo ângulo, então só pude ver isto com a explicação pois normalmente eu só via na natureza sem prestar atenção, já.

Fig. 5.22: fragmento do depoimento de um estudante da turma experimental – Estudante 05.

O Estudante 05 se pôs como materialista, ao assumir a existência da luz independentemente de qualquer estudo, postura que não se opõe ao contraindutivismo, ainda que Feyerabend por vezes seja descrito como relativista. No trecho “só pude ver isto com a

explicação”, o aluno assumiu que a luz existia, assim como a reflexão, mas sua explicação, o conhecimento a respeito da reflexão da luz, precisou ser criada e compartilhada. Ele mesmo complementa que dificilmente veria a relação de igualdade entre o ângulo de incidência e reflexão na natureza, o que concorda com visões contemporâneas da natureza da ciência.

Um caso oposto é fornecido pelo Estudante 06 (figura 5.23), que trouxe uma representação do experimento de Grimaldi para a difração da luz em dois orifícios.

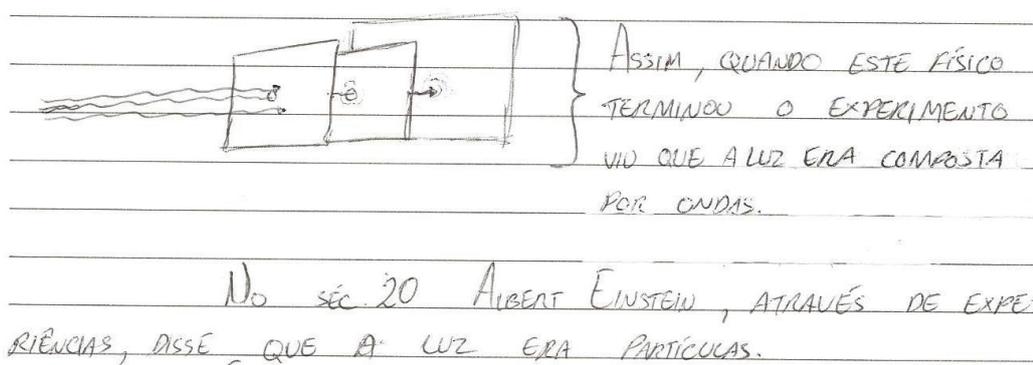


Fig. 5.23: fragmento do depoimento de um aluno da turma experimental – Estudante 06.

Para ele, o experimento conduziu a descoberta da natureza ondulatória da luz, antecedendo a teoria. Já o trecho “Einstein, através de experiências, disse que a luz era *partículas*”, revela a posição empirista-indutivista do estudante, não tendo sido suficiente, ao que parece, a abordagem histórica utilizada para alterar ou mesmo abalar suas convicções filosóficas sobre o desenvolvimento da ciência, supondo serem as mesmas anteriores ao minicurso e fortemente enraizadas.

Outro conflito sucedido mostrou o desconforto da Estudante 07 ao deparar-se com a conclusão atual de que a luz respeitaria a dualidade onda-partícula (figura 5.24).

Este trabalho feito nas últimas aulas foi muito interessante, fez com que a gente entendesse um pouco mais sobre a história da luz. Nos ensinou como é o estudo e como não é fácil tentarmos procurar saber o real significado de algo.

O mesmo se deu com as demonstrações experimentais, que ocorreram em número mais elevado com a turma experimental. Indubitavelmente, o uso dos experimentos foi o recurso que despertou maior motivação em ambas as turmas. Os estudantes mostravam-se entusiasmados a cada demonstração, sobretudo naquelas em que efeitos visuais pouco convencionais eram concebidos.

O uso dos experimentos apresentou diferentes benefícios durante a execução do projeto (figura 5.26). Além de elucidar a explicação dos fenômenos físicos, como esperado, também atraiu a atenção dos estudantes e provocou certa predisposição para aprender, pois todas as demonstrações realizadas foram acompanhadas por perguntas, fosse sobre seu funcionamento ou por algum conhecimento pessoal resgatado naquele momento.

Gostei muito das aulas, teve um alto nível de aproveitamento da turma, achei muito interessante a matéria sobre a luz e principalmente o trabalho sobre a fotografia. Acho que deveria ter um trabalho assim por trimestre, afinal abre as portas do conhecimento, algo novo e diferente, legal e inteligente que faz com que a gente aprenda melhor sobre algo, que talvez nós nem aprendêssemos se fosse do jeito tradicional, só empurrando matéria.

Fig. 5.26: fragmento do depoimento de um aluno da turma experimental – Estudante 09 (as marcações em vermelho decorrem da correção do pesquisador).

O emprego da fotografia ocorreu somente para a turma experimental, compondo a segunda parte do minicurso. Sua finalidade era tornar palpável aos estudantes uma aplicabilidade direta daquilo que eles estudavam em sala de aula, provendo-lhes subsídios para que passassem a fazer o mesmo em relação ao seu cotidiano, velha crítica – a respeito da *contextualização* – que repetidamente recai ao ensino da Física.

A abordagem se deu por duas maneiras distintas. A primeira, mais teórica, consistiu em apresentar pontos principais da história da fotografia, estabelecendo relações entre conceitos da Óptica e o funcionamento das primeiras câmeras fotográficas, o que foi estendido até às câmeras digitais, oportunidade para aproximar-se de tópicos referentes à Física Moderna e Contemporânea, como a dualidade onda-partícula e o efeito fotovoltaico.

A tímida investida à FMC já havia feito parte da conclusão da exposição do desenvolvimento histórico do conceito de luz, em apresentação de *slides* anterior. Como dito, a explicação da dualidade onda-partícula para a luz causou certo desconforto para aqueles estudantes que acompanhavam mais atentamente às discussões científico-filosóficas, pois é característica da FMC desafiar ao senso comum, à medida que lida com entes imediatamente imperceptíveis aos sentidos, confrontando a concepção largamente aceita para a ciência, da qual os mesmos possivelmente compartilhavam, de que a observação seria a fonte primária para a formulação do conhecimento científico. Esse pequeno cenário apontou certas semelhanças com a própria guinada da Epistemologia no século XX, decorrida do panorama de transformações que se desenrolou em suas primeiras décadas.

Por conta disso, tratar das aplicabilidades destes conhecimentos conduz o estudante aceitá-los com melhor facilidade. Neste caso, fenômenos como o efeito fotovoltaico são representados através do funcionamento de sensores de luminosidade, como os CCDs, presentes nos dispositivos digitais de fotografia, ou mesmo em fotômetros, como os utilizados no acendimento automático de lâmpadas, que uma aluna da turma experimental comentou existir na residência de seus tios (*Dia 04, aulas 06 e 07*).

O objetivo principal concentrou-se no aprendizado da Óptica, dessa maneira, por não haver o aporte da FMC para a turma de controle, os instrumentos de medida aplicados em ambas as turmas não dão conta da avaliação do aprendizado desta área da Física, estando algumas evidências somente nos poucos relatos dados pelos estudantes. De acordo com os relatos, acredita-se que houve certa dificuldade dos estudantes para se apropriarem destes conceitos. Contudo, inserir pontualmente a FMC durante cada ano do Ensino Médio alinha-se às recomendações dos documentos oficiais, como os PCNs, como buscou-se neste projeto.

Na fotografia analógica há uma situação semelhante. O registro das imagens, seja em filmes ou papéis fotossensíveis, caso que será discutido em breve, só é adequadamente explicado ao adentrar-se no campo quântico, em virtude da interação de fótons com sais de prata que impregnam tais materiais.

O emprego da fotografia analógica ocupou boa parte da segunda metade do minicurso dispendido à turma experimental. Conforme relatado, primeiro tomou-se uma aproximação histórica para o desenvolvimento da fotografia, destacando os princípios da Óptica Geométrica, Física e Quântica que compõe a base de seu funcionamento. Esperava-se que tal

estudo proveesse os discentes com conhecimentos prévios relevantes à construção e compreensão das câmeras estenopeicas, conhecidas como *pinhole*.

As câmeras *pinhole* se apresentam como uma forma relativamente simples de acompanhar todos os passos necessários para a aquisição de um registro fotográfico, desde a elaboração da câmera, que usa materiais de fácil obtenção, até a revelação, etapa igualmente simples, porém onerosa, na medida em que a aquisição do papel fotossensível e dos produtos químicos necessários para a revelação e fixação das imagens possui custo elevado.

Os estudantes da turma experimental não puderam acompanhar esta etapa final, pois na escola não havia como formar um ambiente apropriado para a revelação das fotografias, que necessita de uma sala que esteja completamente vedada à entrada de luz. Dessa maneira, foram-lhes apresentados somente vídeos ou fotografias do processo, como posto nos relatos.

Tal atividade foi de suma importância na consolidação de aspectos referentes ao aprendizado da Óptica e a sua crítica, atitude amplamente estimulada. Conforme relato no questionário preenchido durante aula de confecção das câmeras, os estudantes expuseram que as mesmas não só possuem valor histórico, o que reconhece a importância da preservação dos meios de conhecimento e técnicas de outras épocas, como um degrau para o advento de equipamentos mais aprimorados, como as câmeras digitais, além de apresentar um *novo* método de fotografia, o que pode ter despertado seus interesses para essa área (figura 5.27).

- 6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual? *Serve para se conhecer mais sobre o período, adquirirá um novo jeito de se fotografar, algo que nenhuma câmera atual conseguiria e isso nem precisa de tecnologia como as câms do mano dia-a-dia.*
- 6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual? *Relevância histórica, sem custo de montagem, fácil acesso as pessoas.*
- 6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual? *Deixo que hoje em dia essa câmara serve mais para referência científica, pois já existem câmeras mais desenvolvidas tecnologicamente, que tem resultados melhores e mais precisas.*
- 6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual? *Atualmente é apenas um foto histórico, através dela que se consegue criar câmeras digitais, tv's... conforme a tecnologia foi se desenvolvendo.*

Fig. 5.27: exemplos de respostas fornecidas pelos estudantes da turma experimental, divididos em grupos, para a questão 6 do questionário acerca da construção da câmera "pinhole" (dia 07, aula 11).

Já em outra questão (figura 5.28), que problematizava o uso da fotografia *pinhole* nas aulas de Física, os estudantes foram unânimes em salientar que a mesma provê a aplicabilidade do conhecimento estudado anteriormente, definição tão ansiada durante os estágios iniciais da presente pesquisa.

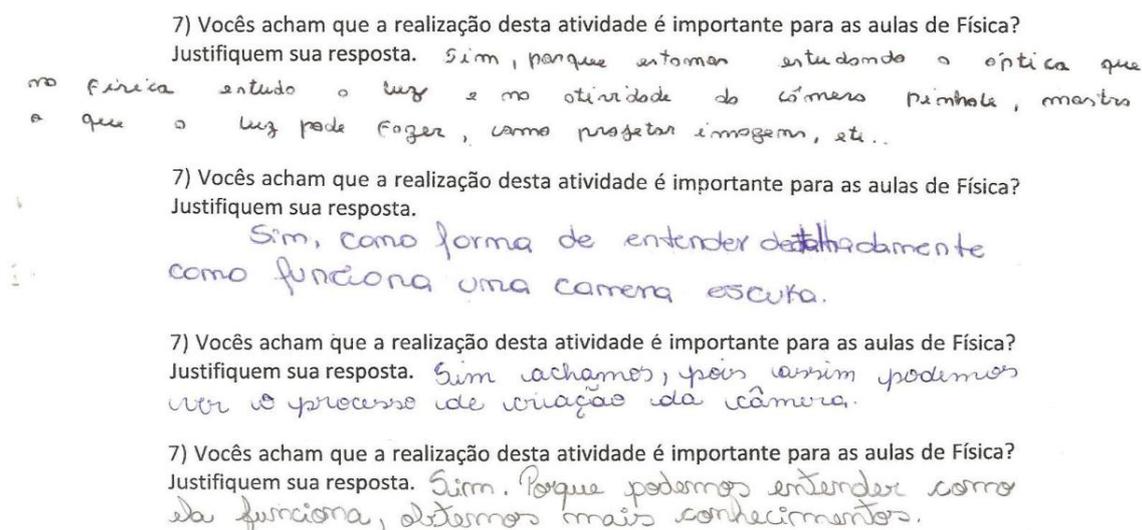


Fig. 5.28: exemplos de respostas fornecidas pelos estudantes da turma experimental, divididos em grupos, para a questão 7 do questionário acerca da construção da câmera "pinhole" (dia 07, aula 11).

A valorização do meio social também se deu na execução do referido trabalho. As fotografias poderiam ter sido registradas no pátio da escola, pois o mesmo fornecia condições de luminosidade naquele dia, porém optou-se pela integração com sua comunidade, com vistas de auxiliar os estudantes a perceber as relações da Física com seu dia a dia, colocando-os no protagonismo de seu aprendizado, para que estabelecessem relações sociais necessárias para seu engrandecimento cognitivo, conforme Vygotsky, e avaliassem seu pertencimento naquele cenário, de acordo com a Aprendizagem Significativa Crítica, teorizada por Moreira.

5.4 ANÁLISE QUANTITATIVA DO ESTUDO PRELIMINAR

Os testes aplicados no começo (pré-teste) e no final (pós-teste) do projeto tanto para a turma de controle quanto para a turma experimental foram úteis para nortear o grau de conhecimento em Óptica dos estudantes antes e após a submissão a cada um dos diferentes tratamentos.

O pré-teste e o pós-teste foram compostos pelo mesmo instrumento de medida (disponível no Apêndice II). O mesmo teve seu conteúdo validado por dois professores de Física da UFRGS, um deles especialista em Óptica, portanto subentende-se que cada questão atende a sua prerrogativa na avaliação de determinado tópico. Destaca-se, contudo, que a submissão do instrumento a testes de fidedignidade obteve valores insuficientes e, dessa forma, não se indica a utilização do mesmo em qualquer outra situação.

O instrumento de avaliação compunha-se por sete questões de múltipla escolha e três questões discursivas. Para cada resposta considerada correta (múltipla escolha) ou satisfatória (discursiva) era atribuído o valor de um ponto. Para questões erradas ou não satisfatórias, zero ponto. As tabelas 5.1 e 5.2 organizam a totalidade dos dados do pré-teste para cada turma.

Tab. 5.1: escores e transformações do pré-teste obtidos pela turma de controle.

Pré-Teste: Turma de Controle											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01C	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	5
02C	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4
03C	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
04C	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	4
05C	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	5
06C	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
07C	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
08C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
09C	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
10C	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4
11C	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
12C	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4
13C	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	6
14C	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	5
15C	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
16C	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
17C	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
18C	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	5
19C	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
20C	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	5
21C	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	5
22C	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	5
Moda: 5						Mediana: 4					
Média Aritmética: 3,773						Desvio Padrão: 1,306					

Tab. 5.2: escores e transformações do pré-teste obtidos pela turma experimental.

Pré-Teste: Turma Experimental											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01E	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
02E	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	6
03E	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
04E	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5
05E	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
06E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
07E	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
08E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
09E	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4
10E	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	6
11E	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
12E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13E	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
14E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
15E	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	5
16E	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	5
17E	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
18E	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
19E	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	5
20E	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	4
21E	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
22E	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3
Moda: 3						Mediana: 3					
Média Aritmética: 3,455						Desvio Padrão: 1,370					

No pré-teste, a média obtida pelos estudantes da turma experimental foi 3,5, enquanto a turma de controle registrou valor levemente maior, de 3,8, dentre os dez pontos disponíveis. Índices baixos, porém esperados, dentro do contexto que avaliava o grau de conhecimento de indivíduos que não tinham tomado contato formal com os conteúdos. A proximidade das médias também assinala equivalência entre as turmas quanto ao nível de conhecimentos prévios em Óptica. Além disso, lembra-se que os estudantes da turma de controle pertenciam ao terceiro ano, enquanto aqueles da turma experimental estavam no segundo, assim este valor alinha-se ao que foi presumido (figura 5.29).

A mediana para a turma de controle foi igual a 4, valor que difere da moda, igual a 5. Para a turma experimental a mediana e a moda foram iguais a 3. O desvio padrão obtido para a turma experimental, 1,4, foi levemente superior ao valor do encontrado para a turma de controle, de 1,3. Assim, no primeiro caso as medidas estão um pouco mais distribuídas que no segundo, dado que o intervalo de dados foi o mesmo em ambas as ocasiões.

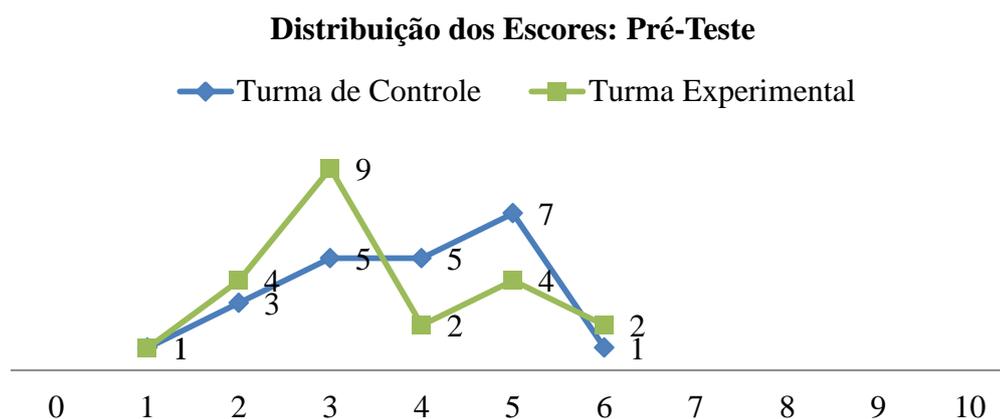


Fig. 5.29: distribuição dos escores do pré-teste para a turma de controle e para a turma experimental.

O pós-teste foi realizado cerca de dois meses após a aplicação do pré-teste, tempo no qual houve a execução do minicurso para a turma experimental e a intervenção junto à turma de controle. Nas tabelas 5.3 e 5.4 estão os escores dessa avaliação:

Tab. 5.3: escores e transformações do pós-teste obtidos pela turma de controle.

Pós-Teste: Turma de Controle											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01C	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
02C	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
03C	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	5
04C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
06C	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
07C	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	5
08C	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
10C	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	5
11C	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4
12C	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	7
13C	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	5
14C	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	5
15C	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	6
16C	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	5
17C	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	5
18C	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	5
20C	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
21C	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	7
22C	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4
23C	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
24C	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	4
Moda: 5						Mediana: 5					
Média Aritmética: 5,429						Desvio Padrão: 1,886					

Tab. 5.4: escores e transformações do pós-teste obtidos pela turma experimental.

Pré-Teste: Turma Experimental											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01E	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	6
02E	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4
03E	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	5
04E	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	5
05E	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	7
06E	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8
07E	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	7
08E	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4
09E	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	6
10E	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	6
11E	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	6
12E	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
13E	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	6
14E	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8
15E	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
16E	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	6
17E	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	7
18E	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
19E	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	5
20E	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	6
21E	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	7
22E	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	5
23E	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	7
Moda: 6						Mediana: 6					
Média Aritmética: 5,957						Desvio Padrão: 1,460					

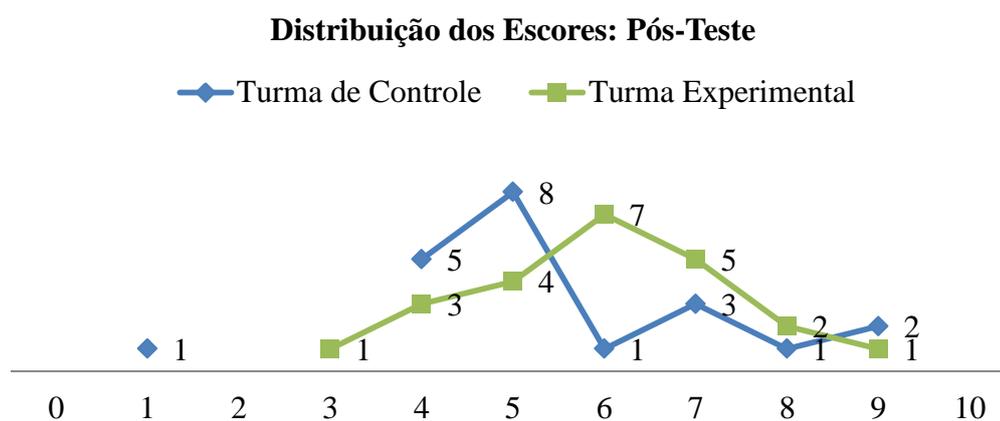


Fig. 5.30: distribuição dos escores do pós-teste para a turma de controle e para a turma experimental.

As duas turmas apresentaram melhorias em suas médias aritméticas (figura 5.30). Para a turma de controle, obteve-se 5,4, o que representou um incremento de 43,9% em relação à

média obtida para o pré-teste. Já a turma experimental, que havia registrado média inferior à turma de controle no pré-teste, alcançou resultado levemente superior, com 5,9, valor 72,4% maior em relação ao conseguido no pré-teste (tabela 5.5).

Tab. 5.5: média aritmética das turmas de controle e experimental para os dois testes.

	Média: Pré-Teste	Média: Pós-Teste	Ganho (%)
Turma de Controle	3,773	5,429	43,89
Turma Experimental	3,455	5,957	72,41

A moda, índice observado mais vezes em cada grupo, manteve-se igual a 5 para a turma de controle, contudo para a turma experimental houve uma mudança de 3, alcançada no pré-teste, para 6, no pós-teste, avanço que pode ser considerado significativo. A mediana da turma de controle aumentou uma unidade, de 4 para 5, enquanto a da turma experimental alterou-se de 3 para 6. O desvio padrão do pós-teste registrado para a turma de controle foi igual a 1,9, encontrando-se resultado menor na turma experimental, de 1,5 (tabela 5.6).

Tab. 5.6: a moda, a mediana e o desvio padrão obtidos para o pré-teste e pós-teste.

		Moda	Mediana	Desvio Padrão
Turma de Controle:	Pré-Teste	5	4	1,370
	Pós-Teste	5	5	1,886
Turma Experimental:	Pré-Teste	3	3	1,306
	Pós-Teste	6	6	1,460

Distribuição dos Escores: Turma de Controle

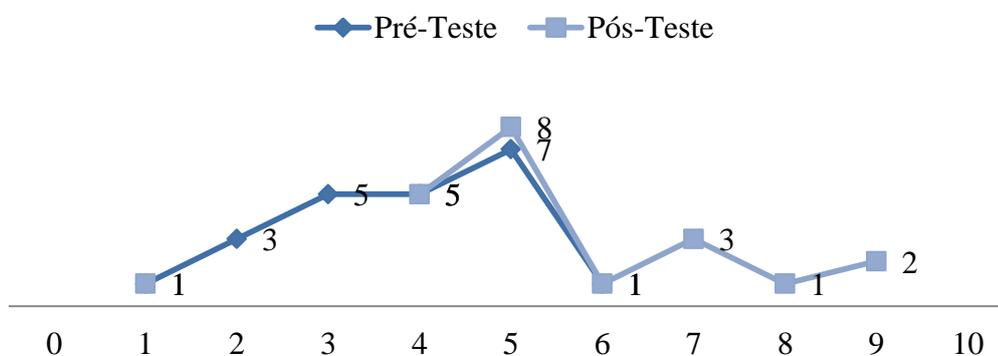


Fig. 5.31: distribuição dos escores da turma de controle para o pré-teste e o pós-teste.

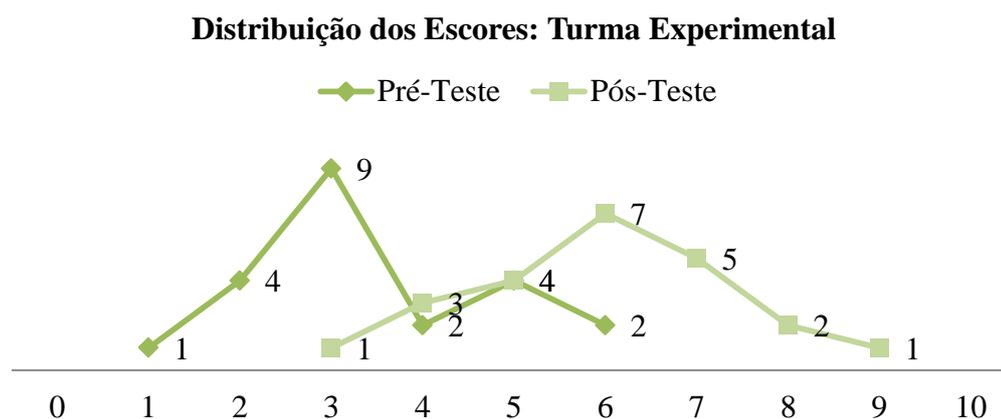


Fig. 5.32: distribuição dos escores da turma experimental para o pré-teste e o pós-teste.

As figuras 5.31 e 5.32 expõem a discrepância que cada tratamento desempenhou nas respectivas turmas, de acordo com os testes de conhecimento em Óptica. Ambas apresentaram progresso, entretanto a evolução ocorrida com a turma experimental foi mais evidente.

O desempenho da turma experimental evidenciado pelo pós-teste em comparação com seu pré-teste apresenta ganho superior à mesma comparação para a turma de controle. A realização do teste *T de Student* obteve um valor t igual a $-3,280$ para a turma de controle e t igual a $-5,785$ junto à turma experimental, o suficiente para garantir uma significância estatística p igual a $0,005$. Por conseguinte, a hipótese nula pôde ser descartada, revelando que a diferença nas médias obtidas em cada turma é estatisticamente significativa.

O cálculo do intervalo de confiança junto aos resultados do pós-teste mostram que 95% das médias dos estudantes da turma de controle estão localizadas entre $4,57$ e $6,28$. Para a turma experimental, o intervalo possui limites mais elevados, sendo os mesmos $5,36$ e $6,58$.

Especial atenção foi dada à análise da *questão 4* do teste, pergunta do tipo aberta que se refere à natureza da luz. Com obviedade, as respostas dadas pela turma experimental, onde houve uma breve aproximação da Física Clássica à FMC, seriam diferentes daquelas fornecidas pelos estudantes da turma de controle, havendo a expectativa do reconhecimento da dualidade onda-partícula para o primeiro caso e, no segundo, sua descrição enquanto onda eletromagnética, definição comum aos livros didáticos de Física do Ensino Médio. O objetivo compreendia perceber qual estratégia seria mais bem sucedida para compartilhar o significado aceito para o conceito de luz, apesar das discrepâncias, para cada um dos enfoques.

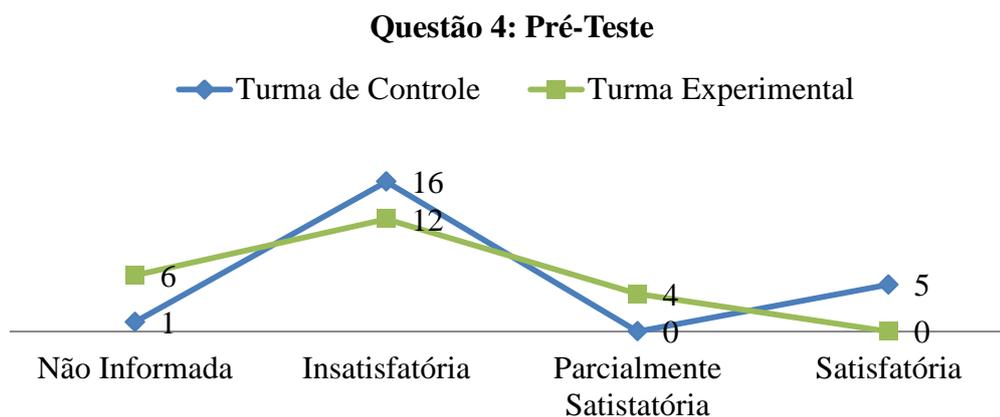


Fig. 5.33: respostas fornecidas para a questão 4 do pré-teste pela turma de controle e pela turma experimental.

O pré-teste aplicado à turma experimental (figura 5.33) revelou que os estudantes não conheciam o princípio de onda-partícula, pois não forneceram respostas satisfatórias. Em contrapartida, na turma de controle cinco alunos informaram que a luz seria uma onda eletromagnética, motivo pelo qual a assimilação da definição da luz, hipoteticamente, se daria de forma mais facilitada, dada a existência de conhecimentos prévios.

Pelo pós-teste, observou-se que a turma experimental teve seu conhecimento para o conceito de luz enriquecido (figura 5.34). Dos 23 alunos participantes, 12 responderam de forma satisfatória que a luz era interpretada como onda-partícula (52,17%), enquanto 6 estudantes forneceram resposta parcialmente satisfatória (26,08%). Ao todo, 15 estudantes (65,21%) apontaram incremento de seu conhecimento sobre o conceito de luz.

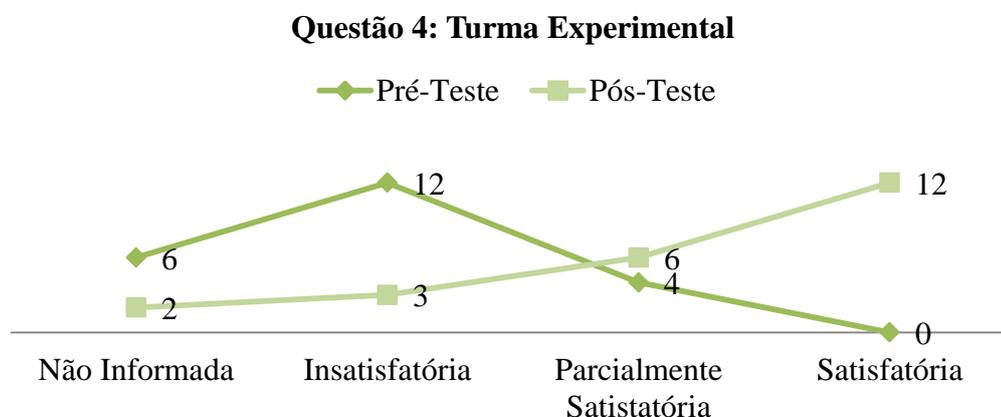


Fig. 5.34: comparação entre respostas da questão 4 da turma experimental para pré-teste e pós-teste.

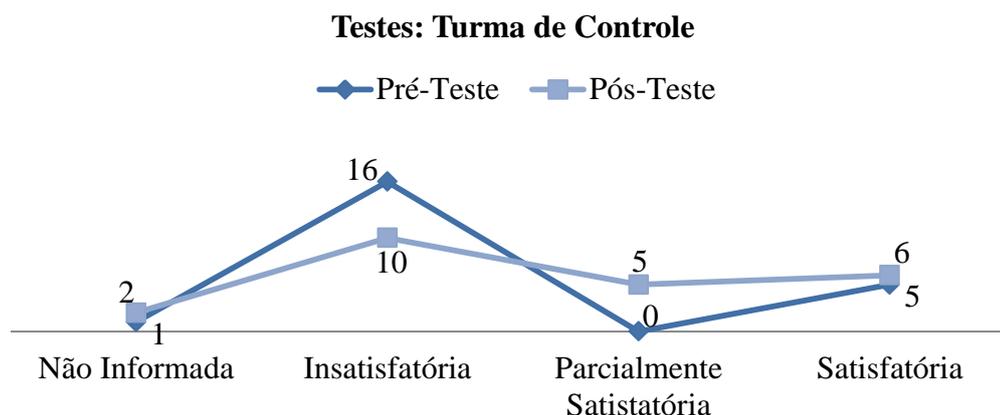


Fig. 5.35: comparação entre respostas da questão 4 da turma de controle para pré-teste e pós-teste.

A mesma questão, tomada no pós-teste para a turma de controle, mostrou que dos 21 respondentes somente 6 estudantes (28,57%) forneceram resposta satisfatória, ao considerar a luz integralmente enquanto onda eletromagnética (figura 5.35). Já 5 discentes (23,80%) apresentaram conhecimento parcialmente satisfatório. Ao todo, somente 6 (28,57%) estudantes mostraram algum progresso para esse questionamento ao término das atividades, índice muito inferior em relação à turma experimental (figuras 5.36 e 5.37).

Acredita-se que tal discrepância se deva justamente pela diferenciação entre as metodologias de ensino tomadas para as duas turmas. O minicurso implementado à turma experimental faz intenso uso do viés histórico, o que cria um ambiente propício não só para a abordagem, mas também para os questionamentos e a reflexão acerca da natureza da luz, evidenciado as relações de dependência entre História da Ciência e Epistemologia.

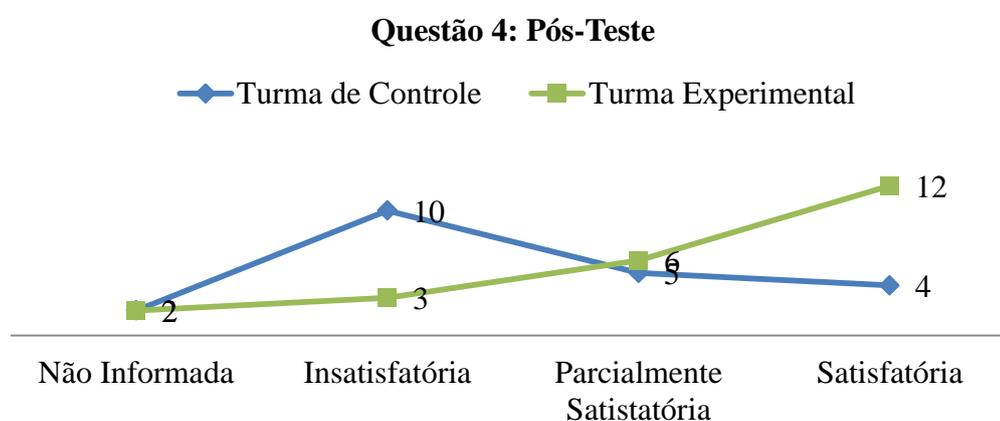


Fig. 5.36: comparação das respostas da questão 4 do pós-teste entre turma de controle e experimental.

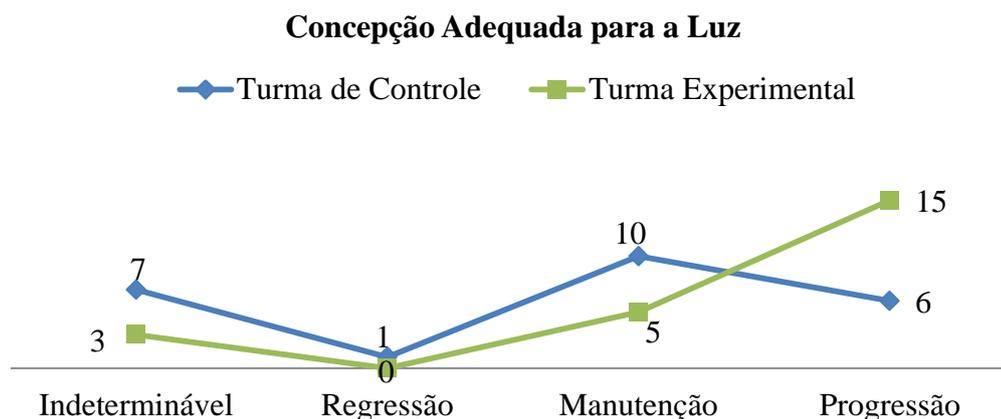


Fig. 5.37: modificação das respostas fornecidas para a questão 4 do pós-teste em relação ao pré-teste para os estudantes da turma de controle e da turma experimental.

Na turma de controle, a intervenção ocorrida, privilegiando os moldes tradicionais de ensino da Óptica, concentrou-se exclusivamente na Óptica Geométrica. Apesar de a aula inicial fixar a definição ondulatória da luz, tal discussão se perde à medida que exercícios posteriores concentram-se somente na representação da luz como raios luminosos, ou seja, privilegiam-se os exercícios em detrimento do conceito seminal. Essa mudança abrupta comprometeu a própria discussão tomada anteriormente. Como se pode ver na figura 5.38, durante a realização do pré-teste somente um estudante havia mencionado que a luz seria formada por raios luminosos, número elevado cinco vezes, conforme o pós-teste. Isto pode servir de alerta aos professores para que atentem às questões conceituais no ensino da Óptica Geométrica.

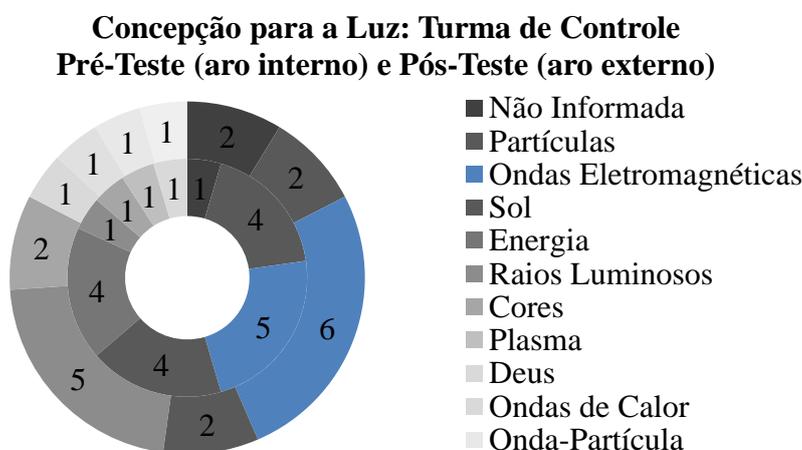


Fig. 5.38: concepções para o conceito de luz fornecidas por estudantes da turma de controle através do pré-teste e pós-teste.

**Concepção para a Luz: Turma Experimental
Pré-Teste (aro interno) e Pós-Teste (aro externo)**

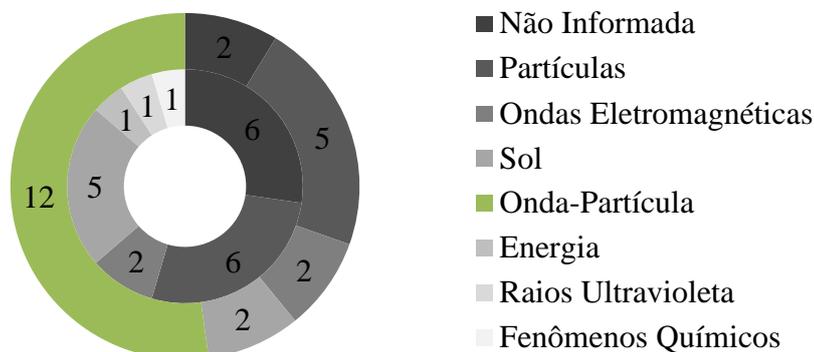


Fig. 5.39: concepções para o conceito de luz fornecidas por estudantes da turma experimental através do pré-teste e pós-teste.

Foi observado um comportamento contrário para a turma experimental. O número de respostas que podem ser consideradas ingênuas reduziu-se significativamente após a realização do minicurso (figura 5.39). Como exemplo, cinco estudantes comentaram ser a Luz constituída pelo Sol, valor diminuído para dois, conforme atestado pela segunda avaliação.

Apesar do já apontado entusiasmo dos discentes com a realização dos experimentos, estes resultados advindos da análise da *questão 4* refletem os ganhos da abordagem histórica, em especial seu poder de elucidação e convencimento, pois nenhum experimento realizado, seja neste presente projeto ou em toda a História da Ciência, permitiu a visualização direta da luz como onda ou como partícula, o que acaba por evidenciar a ingenuidade de formulações empiristas para a evolução da ciência. Para Feyerabend (1977), a propaganda, apesar do mesmo não apoiá-la e apontá-la como deselegante, acaba projetando-se como uma importante forma de assentimento de uma ideia científica. Teria sido através da persuasão que Galileu galgara a aceitação do movimento relativo, bem como a notoriedade de Newton foi fator preponderante para a aceitação de uma luz constituída por corpúsculos mecânicos.

Essa vantagem proveniente do uso da evolução do conceito de luz também se refletiu em algumas justificativas fornecidas pelos estudantes durante os testes, ainda na *questão 04*. Os estudantes da turma experimental que justificaram a resposta da referida questão usualmente subsidiaram-se por algum argumento histórico, entretanto, alguns somente indicaram o comportamento dual, como na imagem do topo da figura 5.39, o que evidencia uma internalização do termo, contudo não é possível negar ou confirmar sua compreensão, justamente pela ausência de dados.

4) O conceito de luz passou por muitas modificações ao longo de sua história, e ainda permanece sujeito a mudanças. Em épocas distintas, físicos perceberam que, dependendo da sua necessidade, seria possível atribuir características diferentes à natureza da luz, chegando assim a um consenso que, ao menos por enquanto, vigora até hoje. Descreva do que a luz é formada e forneça alguns exemplos que alicerçam sua opinião. *É feita por ondas e partículas.*

4- Alguns disseram que a luz se propaga em ondas mas com o tempo descobriu-se que a luz se forma por partículas que quando se chocam com o objeto refletem entrando em novas ondas. Assim dizem o nome de onda-partícula.

④ A luz é formada por ondas-partícula. Sendo que em certos aspectos ela se comporta como onda, e em outros momentos como partícula. Já que ela se difere em seus vários meios de propagação.

Fig. 5.39: três exemplos de respostas consideradas satisfatórias fornecidas por estudantes da turma experimental para a questão 4 do pós-teste.

A última base de registros analisada refere-se ao questionário opinativo sobre as aulas de Óptica (disponível no Apêndice III), composto por cinco interrogações diretas, preenchido na mesma ocasião do pós-teste. A primeira pergunta referia-se à mudança do significado do termo *óptica* em virtude dos estudos em Física. Tanto os estudantes da turma de controle quanto experimental julgaram que seu entendimento foi modificado, no qual um número semelhante para ambas as turmas revelou que antes acreditavam que *óptica* faria menção somente aos estabelecimentos comerciais, aceitando a nova acepção de que também pode aludir ao estudo da luz.

A questão seguinte tratava do interesse pela Física que as aulas de Óptica poderiam ter ocasionado. Em nenhum caso foi apontada redução do interesse. Na turma de controle houve seis estudantes que descreveram que sua aptidão permaneceu igual, por não possuir predileção pela Física, enquanto catorze apontaram um aumento de interesse, metade destes justificando-o por ter julgado as aulas mais interessantes ou motivadoras, mesmo que não tenham apontado o porquê de sua escolha, salientando ser esta a turma que esteve submetida à metodologia tradicional de ensino.

Para a turma experimental, uma única resposta informou que seu interesse pela Física não se modificou, ao passo que 22 citaram um aumento de predisposição. As justificativas foram diversas, sendo a mais apontada, *a compreensão das aulas*, o que evidenciaria que a satisfação com seu ensino torna os estudantes mais predisposto, fator imprescindível a sua aprendizagem. Também foram apontados uma *concepção modificada da Física, ensinada sem o uso excessivo de cálculos*, e o *emprego de experimentos e da câmera pinhole*.

O terceiro questionamento pedia para que os estudantes descrevessem pontos positivos e negativos distintos que tivessem tomados destaque para os mesmos. Na turma experimental, três estudantes apontaram haver excesso de teoria, possivelmente referindo-se a narrativa histórica, sentimento compartilhado pelo pesquisador. Isto foi tomado como mais um indicativo de necessidade de modificação para fins de aplicação no Estudo Complementar, a ser tratado no Capítulo 6 desta dissertação. Os demais alunos não apontaram aspectos negativos. Os 23 respondentes apontaram como pontos positivos a *forma de ensinar ou explicar* como principal característica, seguida do *uso de experimentos e da fotografia estenopeica*.

Já os estudantes da turma de controle expuseram um número maior de pontos negativos, ao total oito, estando o *desinteresse da turma como fator preponderante*, seguido pela *inabilidade do pesquisador em portar-se como uma autoridade*, aspecto central da modalidade de ensino tradicional. Quanto aos pontos positivos, foram trazidos 16, no qual alegavam o *emprego de experimentos*, a *maneira de ensinar* e o *aprendizado obtido*, respectivamente, como destaques principais.

A quarta questão limitava-se a atuação do pesquisador. Todos os estudantes disseram que seu trabalho *auxiliou no aprendizado*, justificado pela turma experimental pela metodologia escolhida para o andamento das atividades, e na turma de controle pela *atenção para explicar e atendimento às dúvidas*.

Por fim, a quinta questão solicitava sugestões para o engrandecimento das aulas de Física. Os discentes da turma de controle citaram que as aulas podem tornar-se mais interessantes caso haja *maior emprego de experimentos ou atividades práticas*, bem como *maior nível de interesse do professor*. A turma experimental saudou o uso dos experimentos, assim citou a *manutenção de aulas diferenciadas*, a *abordagem histórica* e a *realização de ações sociais*. Quatro estudantes apontaram que o trabalho tomado já seria bom o suficiente.

A tomada deste questionário, além de fornecer uma oportunidade de ponderação das atividades pelo ponto de vista do alunado, também ratificou a necessidade de algumas mudanças para o minicurso e para a intervenção, porém sem descaracterizar completamente o material de ensino, o que comprometeria as intenções da pesquisa.

Dentre as modificações tomadas, além do resumo de algumas das apresentações de *slides* usadas com a turma experimental, conforme já discriminado, houve uma *aproximação do enfoque a ser tratado com ambas as turmas*. Optou-se pelo uso de quadro de giz em mais ocasiões com a turma experimental, o que intensificou o emprego do viés matemático, assim como a câmara escura foi levada para a turma de controle, porém de maneira teórica. A alteração visou fornecer mais estratégias para cada turma, objetivando que a diferenciação de suas preferências, a serem analisadas pelos dados coletados, forneçam conclusões mais precisas, à medida que tal predileção seria apontada em detrimento de recursos mais diversos.

O tempo de realização do minicurso e da intervenção, que já havia sido extrapolado durante o Estudo Preliminar em relação ao previsto no projeto, passando de 13 horas-aula para 18 horas-aula, foi elevado em virtude das modificações apontadas. O Estudo Complementar será apresentado e analisado no Capítulo 6, que se segue.

6. ESTUDO COMPLEMENTAR

6.1 INTRODUÇÃO

Para o presente Estudo Complementar, a aplicação do minicurso e da intervenção ocorreu em uma escola pública estadual situada na região central de Porto Alegre durante quase três meses, entre os dias 18 de abril e 12 de julho de 2013. Este tempo foi maior em relação ao Estudo Preliminar em decorrência de uma redução no número de aulas semanais para a Física, alternado de três para somente dois períodos. A preferência pela referida escola se deu porque, ao final de 2012, o pesquisador foi lotado na mesma como professor de Física.

A escola possuía turmas de diferentes modalidades: *ensino médio regular*, em extinção naquele ano, *ensino médio politécnico*, *ensino médio e técnico integrado* e *ensino técnico*. Contava com aproximadamente 2800 estudantes no início do ano letivo e diferiu da escola onde foi realizada a aplicação preliminar por seu porte, estrutura e localização, o que certamente trouxe impactos para a realização do presente Estudo Complementar. Como exemplo, a escola em Rio Grande contava com quatro turmas de Ensino Médio no turno da manhã, enquanto o colégio em Porto Alegre tinha 25 turmas no mesmo turno.

A estrutura física contava com 25 salas de aula, distribuídas em um prédio principal, com quatro pavimentos, e outros três pequenos pavilhões, com apenas um andar cada. Possuía um ginásio de esportes, sete laboratórios de computação, laboratório de ciências, biblioteca, sala de xerox, serviço de orientação aos estudantes e atendimento para braile, além dos serviços de administração escolar.

O grande porte da escola auxiliou em alguns pontos, como, por exemplo, a adoção de dois segundos anos para a execução das atividades. Apesar da maior disponibilidade de materiais para exibição audiovisual, os mesmos se encontravam em condições de conservação e uso piores quando comparados à escola do primeiro estudo, havendo com certa regularidade a deterioração de parte ou mesmo a perda de algum dispositivo.

Dentre as dez turmas de segundo ano, três estavam disponíveis para a implementação do presente projeto de pesquisa. O empecilho inicial esteve no número de integrantes muito distintos entre as turmas: 36 ou 21 ou 14 estudantes. Devido à maior quantidade, optou-se

pelas duas primeiras turmas, pleiteando a maior variedade de dados para a análise *a posteriori*.

O critério para a escolha da turma de controle e da turma experimental se deu somente após a realização do pré-teste, sendo previamente estabelecido que a turma com menor média de desempenho constituiria a turma experimental. Por conseguinte, o grupo de 36 estudantes compôs a turma de controle, enquanto o grupo com 21 estudantes formou a turma experimental. Ambas estavam constituídas por jovens com médias de idade bastante próximas: em 15,75 anos para a turma experimental e 16 anos para a turma de controle. Apesar da diferenciação, o valor das médias foi muito próximo (seção 6.4), sendo possível estabelecer uma equivalência entre o conhecimento de Óptica de ambas as turmas, o qual, a exemplo do apreciado no Estudo Preliminar, também foi ínfimo.

A seguir, na seção 6.2, estão os relatos que descrevem a execução deste Estudo Complementar, pautados pela óptica do pesquisador.

6.2 RELATOS DAS ATIVIDADES DE CAMPO

DIA 01 – 18/04/2013

Aula 01 – Turma Experimental

Por ser professor na escola onde realizou o Estudo Complementar, o acesso do pesquisador às turmas ocorreu naturalmente, sendo os estudantes da turma experimental e da turma de controle seus alunos desde o princípio do ano letivo.

A aula ocorreu após o recreio, assim foi necessário esperar poucos minutos até os estudantes retornarem. Ao verem as folhas do pré-teste, pensaram ser uma prova surpresa, mas explicou-se o que se tratava. Uma aluna comentou que estava orgulhosa do pesquisador por ele estar em um mestrado.

O teste foi entregue e os estudantes começaram a fazê-lo. Comentaram por muitas vezes não saber o que escrever nas questões discursivas. Uma aluna tentou devolver sem tê-las respondido, mas foi pedido que tentasse resolvê-las novamente, e ela o fez.

A resolução do teste seguiu silenciosa por quase todo o tempo, com exceção de um momento em que um aluno perguntou o que significava a palavra “oriunda”, que foi respondida por um colega. Aos poucos os estudantes devolveram os testes e a aula foi encerrada.

Memorando 01E: aula centrada na aplicação do pré-teste. Os alunos foram colaborativos, ficaram concentrados e houve perguntas sobre termos dos quais desconheciam o significado.

Aula 01 – Turma de Controle

Como ocorreu na turma anterior, os alunos novamente imaginaram ser uma prova surpresa, mas enquanto se dispunham em seus lugares lhes foi explicada a finalidade do teste. Um aluno brincou que o pesquisador era estagiário, mas ligeiramente uma aluna o corrigiu.

A exemplo da turma de controle, a resolução ocorreu de maneira silenciosa e os discentes terminaram o teste em pouco tempo, entre cerca de vinte ou trinta minutos, sendo dispensados quando todos terminaram a atividade.

Memorando 01C: aula centrada na aplicação do pré-teste. Os alunos portaram-se da mesma maneira que os estudantes da turma experimental, estando colaborativos e empenhados.

DIA 02 – 19/04/2013

Aula 02 – Turma Experimental

Cerca de quinze minutos foram empregados na montagem do projetor *datashow* e na colocação de algumas lonas pretas nas janelas da sala de aula, com o intuito de torná-la apta para a realização de algumas demonstrações experimentais. Alguns alunos auxiliaram nessa segunda etapa.

Teve início a primeira da série de quatro apresentações de *slides* tomadas para a turma experimental. Alguns alunos demonstraram certa ansiedade, pois começariam a conhecer as respostas do teste, conforme comentaram.

Os discentes permaneceram passivos durante a parte inicial da apresentação, talvez por se tratar do primeiro período. Não faziam perguntas, mas em contrapartida atendiam a todos

os questionamentos. Quando perguntados sobre situações do dia a dia nas quais a luz estaria relacionada, falaram diversos exemplos, como a visão, o Sol ou sombras, que foram trazidos em um *slide* apresentado posteriormente.

O silêncio seguiu durante a apresentação de algumas das hipóteses filosóficas para a luz formuladas na Grécia antiga. Como anteriormente, se pronunciaram bastante durante os questionamentos, como por que a hipótese de Pitágoras, de que a luz sairia dos nossos olhos, aparentemente não faria sentido em nossos dias, mas não estabeleciam perguntas.

Ao iniciar a seção sobre Óptica Geométrica, não finalizada naquele dia, a atenção aumentou, principalmente devido aos experimentos. A demonstração de que a luz se propagava em linha reta, utilizando um *laser* verde e pó de giz suspenso no ar, deixou a turma empolgada, embora a sala não tenha ficado suficientemente escura naquele dia. Um aluno se disponibilizou a soltar o pó de giz, batendo com um apagador em uma caixa de madeira, enquanto o pesquisador manipulava o *laser*.

A demonstração da reflexão da luz, conforme idealizou Euclides, com uso do *laser*, a poeira do giz e um espelho plano, causou expressões de surpresa maiores em comparação ao experimento anterior, bem como em relação a uma animação para o mesmo tópico. Aparentemente, os estudantes se tornaram mais predispostos com as demonstrações experimentais, havendo, então, a necessidade de transformar tal disposição em engajamento para sua aprendizagem.

Memorando 02E: o uso da abordagem histórica sobre luz gerou moderada participação. O entusiasmo maior foi observado por efeito das demonstrações experimentais, em que alguns estudantes colaboraram. Possivelmente, a reação da turma foi menos intensa em relação ao Estudo Preliminar porque naquele havia também o elemento novo “pesquisador”, em substituição à professora. Aqui não, dado que o pesquisador prosseguiu com seu papel de professor.

DIA 03 – 26/04/2013

Aula 03 – Turma Experimental

Essa aula ocorreu em uma sexta-feira depois de três dias de paralisação nacional dos professores, assim muitos estudantes faltaram e os presentes não pareciam muito motivados.

Novamente foi necessário preparar a sala para os experimentos. A postura dos alunos foi preponderantemente apática do início ao fim da seção da apresentação de *slides* referente à Óptica Geométrica, muitas vezes reclamando do sono, que era potencializado pela sala escura.

Nenhum questionamento surgiu além dos tomados pelo pesquisador, porém todos participaram da realização dos experimentos, como o do anel (substituído por uma moeda) na água e com a demonstração visual da refração da luz, com o *laser* verde, pó de giz suspenso no ar e um pequeno aquário com água, certamente o momento mais avivado daquela manhã.

Memorando 03E: a mobilização da turma não ocorreu como esperado e a aula foi marcada por certa apatia com relação aos “slides”. Os experimentos e as demonstrações mostraram-se mais efetivos para gerar atenção e participação.

DIA 04 – 02/05/2013

Aula 04 – Turma Experimental

A sala foi organizada e, instantes antes de começar a apresentação, uma aluna perguntou se “*não teria nada no caderno*”, assim foi comentado que na semana seguinte o quadro seria usado, e que os *slides* seriam enviados ao *e-mail* da turma. A princípio, os estudantes, ou ao menos essa aluna, suscitarão sentir falta do enfoque tradicional.

No início da aula foi tomada uma breve revisão, também em virtude do grande número de ausências do dia anterior, com ênfase nos pontos que levariam à discussão da Óptica Física, com a confrontação sobre a teoria corpuscular e ondulatória para a luz.

Ao começo, explanou-se sobre Descartes e sua teoria corpuscular. Foi colocado que a luz se moveria mais rapidamente em meios mais densos. Um aluno comentou que isso estava errado, ao que outra aluna salientou que se tratava de uma hipótese. O pesquisador concordou com ela, explicando o motivo, porém antecipou que o aluno estava correto. Ao colocar que o éter era algo que se acreditava existir, porém foi refutado posteriormente, esse aluno comentou que só faltava o pesquisador dizer que o mesmo ocorria para deus.

A mesma aluna perguntou como seria o éter, essencial para Descartes, sendo respondido que, ao redor da Terra, seria uma espécie de meio fluido, porém rarefeito. Ela comentou que havia entendido agora. Newton foi introduzido como adepto à teoria

corpuscular, porém defendia a existência do vácuo, ponto importante na diferenciação entre a mecânica newtoniana e a mecânica cartesiana.

Um vídeo (todos os vídeos exibidos no Estudo Complementar são exatamente os mesmos empregados no Estudo Preliminar) sobre a decomposição da luz no prisma foi passado, porém outro com o disco de Newton chamou mais atenção, sendo que os alunos pediram para passar novamente, perguntando por que aquele efeito ocorria.

Apresentou-se o experimento de Grimaldi, cujo fato de pertencer ao clero despertou estranhamento em um estudante. Os proveitos decorrentes da difração inspiraram a criação de uma teoria para a natureza da luz por Hooke e o aperfeiçoamento da teoria ondulatória por Huygens, seu defensor mais notável.

Ao apresentar aos estudantes o debate estabelecido entre as teorias de Huygens e Newton, lhes foi perguntado quem eles acreditavam que havia vencido. Rapidamente, uma aluna falou que possivelmente havia sido Newton, já que eles o conheciam das leis de Newton, e nunca tinham ouvido falar “*do outro*”. Um aluno concordou, e depois outros se manifestaram da mesma forma.

Em decorrência de suas respostas, foi questionado se a teoria defendida por Newton havia sido aceita por ele ser mais conhecido, e os alunos (cerca de cinco ou seis, que participavam um pouco mais nas discussões que os demais) disseram que sim, que esse seria o motivo. O pesquisador concordou com os mesmos, apresentando que a teoria de Newton havia sido aceita.

Essa passagem demonstrou que os estudantes, em detrimento de uma visão popular de ciência, atribuíram um motivo de cunho irracional na escolha de uma teoria que implicou na evolução do conceito de luz, que seria o prestígio do cientista, o que se alinha com a postura epistemológica de Feyerabend, pois mesmo com a apresentação de ambas as teorias e de seu embasamento filosófico e experimental, a opção dos discentes foi pautada pelo fator privilégio, o que se assemelha às narrativas deste episódio histórico, especificamente.

Após, foi introduzido o experimento da fenda dupla de Young, usando animações e vídeos para explicar o fenômeno da difração e um pouco da interferência, salientando que são ambos fenômenos ondulatórios. Dessa forma, a discussão sobre a natureza da luz foi retomada. Uma aluna perguntou se isso, ao apontar para um vídeo pausado, era a difração.

Um aluno riu e disse que não, mas foi corrigido pelo pesquisador que aquela seria, sim, uma visualização para a difração, quando uma fenda serve como fonte de ondas, ainda que seja uma resposta simplificada, como alertado aos estudantes.

Os *slides* nos quais se comentava sobre a postura de Arago ao mudar sua ideia sobre a concepção da luz e o incentivo dado a Fresnel para a investigação da concepção ondulatória chamou a atenção de alguns estudantes, talvez por expor uma situação na qual um acontecimento científico, no caso em questão a natureza da luz, foi colocado em xeque, contrariando a concepção empirista-indutivista da existência de uma verdade natural inquestionável. Outro ponto que despertou curiosidade, por motivos semelhantes, foi a crença de Maxwell na existência do éter, apesar de sua teoria induzir o oposto.

A parte sobre o experimento de Michelson-Morley, auxiliada por vídeos, foi a menos acompanhada pelos alunos, que pouco interagiram, aparentemente tendo dificuldades em entendê-lo, o que é compreensível, dada sua complexidade.

Ao falar de Hertz e da detecção experimental das ondas eletromagnéticas, foi indagado como a luz poderia ser uma onda se o meio material para sua propagação (éter) não foi detectado. Uma aluna disse, então, que a luz seria formada por partículas, mas foi lembrado ao grande grupo que a interferência ocorreria exclusivamente para ondas.

Desse modo, após um curto silêncio de ponderação, foi apresentado que o consenso era de que a luz seria uma forma diferente de onda, a qual não precisaria de um meio material para propagar-se. Desta maneira, o próprio conceito de onda foi modificado. Os alunos acenaram que sim, com a cabeça, quando perguntados se haviam compreendido, mas o semblante geral parecia de consternação para aqueles mais atentos, talvez por que mais uma vez tiveram suas pré-concepções desafiadas.

O *slide* seguinte apresentava um “FIM”, e uma aluna exclamou “*ainda bem*”, já que este seria seu último período de aula, mas um ponto de interrogação mostrado na sequência da projeção indicava que a investigação sobre a natureza da luz não havia terminado.

Memorando 04E: nessa aula, observou-se surpresa e estranheza com os novos conceitos e com respeito a certas peculiaridades da natureza da ciência, como a existência e o embate de hipóteses alternativas, que marcaram as manifestações de vários alunos e resultaram em algumas reflexões críticas com respeito a suas próprias crenças. Mais uma vez essa atitude foi gerada a partir de relatos históricos da evolução do conceito de luz.

Aulas 02 e 03 – Turma de Controle

Aproximadamente dez ou quinze minutos foram empregados pelo pesquisador, com o auxílio de um aluno, para reorganizar a sala para uma apresentação de *slides* e uso de demonstrações experimentais.

Apresentou-se a luz como sendo uma onda eletromagnética, introduzindo inicialmente o que seria uma onda e depois diferenciando ondas mecânicas de eletromagnéticas. Um aluno perguntou o que formaria as ondas no mar, mostrando ter captado a necessidade da perturbação do meio para sua formação, o que foi respondido, também com o auxílio de outros dois alunos.

A seguir, falou-se da velocidade da luz, lhes chamando atenção seu valor. Um aluno comentou que daria uma “*baita multa*” dirigir com tal velocidade. Também foram expostos o conceito de retilinearidade, essencial à Óptica Geométrica, e a reflexão e refração da luz.

A realização dos experimentos com o *laser* verde despertou o ânimo dos estudantes, mas em contrapartida dispersou completamente a turma em diversas conversas paralelas. Foi preciso esperar certo tempo até que o pesquisador conseguisse fazê-los prestar atenção na explicação do experimento, o que ocorreu somente ao mostrar o feixe do *laser* verde em linha reta, refletido pelo pó de giz suspenso no ar.

Quando mostrada a reflexão, a atenção se focou mais para o ponto no qual o *laser* incidia do que para o que acontecia no espelho, e muitos pediam incessantemente para que o pesquisador posicionasse o *laser* em alguma lâmpada, o que não foi feito. Já para a demonstração da refração a concentração dos estudantes melhorou consideravelmente.

Em seguida, foi lido um pequeno texto sobre o surgimento da vida na Terra e dos olhos em seres vivos primitivos, para assim introduzir uma explicação sobre a visão. Quando perguntado quais eram os três componentes essenciais para a visão, responderam rapidamente olhos e luz. O terceiro demorou um pouco, mas um aluno respondeu timidamente que era o cérebro, sendo cumprimentado pelos seus colegas quando foi comentado que estava correto.

Ao falar sobre a composição do olho, uma aluna perguntou se era uma aula de Biologia ou Física, e o pesquisador respondeu que era sobre os dois, pois estão relacionados, o que também evidencia, de certa maneira, que a divisão dos componentes curriculares nos

estabelecimentos de ensino compele o estudante a presumir que todos os conhecimentos são segmentados, dificultando-se a percepção da teia de relações constituídas pelos mesmos.

A seguir foi mostrado que a imagem se formava de cabeça para baixo em uma câmera fotográfica e no globo ocular, e uma aluna comentou a seguir que é o cérebro que interpreta a imagem como correta, o que foi aprovado.

Demonstrou-se experimentalmente que a imagem está invertida projetando a chama de uma vela com uma lupa nas paredes da sala, o que durou alguns minutos, pois nem todos concordavam que ela estava invertida, expondo que o próprio ato de enxergar está impregnado de concepções, tendo a interpretação papel essencial em qualquer observação, o que se alinha às perspectivas das visões epistemológicas contemporâneas. Após, o pesquisador focalizar a imagem no quadro, todos afirmaram enxergá-la bem, contudo já esperavam o que visualizar. Também foi projetada a imagem da porta em uma parede, tornando mais evidente sua inversão.

Dando prosseguimento, veio a seção sobre ilusões de óptica. Certamente foi a parte com maior participação, e também com mais conversas paralelas, porém os vários grupos formados, independentemente, opinavam sobre os motivos de cada ilusão. Terminada a apresentação, os alunos aplaudiram, o que se seguiu por muito tempo (dois minutos ou mais).

Memorando 02/03C: foi tomada uma apresentação de slides com a definição da luz como onda eletromagnética e fenômenos luminosos relacionados. Os alunos faziam alguns comentários durante a apresentação, chamando sua atenção eventos como a velocidade da luz e as ilusões de óptica, além da empolgação proveniente com as demonstrações experimentais, embora as mesmas tenham ocasionado algumas conversas paralelas. Os estudantes pareceram gostar das atividades, uma vez que aplaudiram ao final.

DIA 05 – 03/05/2013

Aula 05 – Turma Experimental

Antes de iniciar a apresentação, foi realizada uma pequena revisão sobre os tópicos que encaminhariam para a discussão sobre a pergunta que permeou por diversas vezes as aulas anteriores: *o que é a luz?*

No quadro, foram colocados alguns pontos-chave (“*partículas-Newton e ondas-Huygens*”, “*experimento de Young-Maxwell-onda eletromagnética-Hertz*”), explicando-os em

seguida. Uma aluna perguntou se precisaria copiar e lhe foi respondido que ela poderia, caso quisesse, sendo reiterado que o material usado em aula seria disponibilizado por e-mail.

Iniciou-se a apresentação de *slides* sobre efeito fotoelétrico, objetivando a construção do conceito de *dualidade onda-partícula*. Ao explicar para os alunos o que era o efeito fotoelétrico todos consentiram em ter entendido quando questionados.

Prosseguindo, foram trazidos os conceitos de frequência e comprimento de onda. Os alunos disseram ter entendido, mas quando confrontados com uma imagem que representava três ondas, com frequências diferentes, não souberam responder qual delas possuía o maior comprimento de onda, com exceção de uma aluna, que respondeu timidamente, sendo dito que ela estava correta.

Outra aluna pediu para explicar novamente, porque não estava prestando atenção. Após o pesquisador reexplicar, ao depararem com a mesma figura mais alunos responderam corretamente qual representação tinha maior comprimento de onda. Quando perguntado o motivo, um aluno disse “*porque a distância entre as partes de cima [cristas] é maior*” na onda vermelha, ao que uma aluna disse que “*na parte de baixo [vales] também*”, assim considerou-se que haviam entendido.

Depois, foi apresentado Planck e seu conceito de *quantum*. Explicou-se a ideia de energia quantizada através de uma animação simples, e os alunos mais atentos disseram ter compreendido a diferença entre a emissão de energia contínua e quantizada.

Chegando-se a Einstein, os alunos ficaram entusiasmados ao ver uma foto do físico escorado em uma pedra com as pernas cruzadas, talvez por nutrirem intuitivamente a noção de que cientistas seriam sobre-humanos. Foi mostrado seu *insight* para a concepção dos corpúsculos de luz (posteriormente, fótons) e a invenção de uma solução para o efeito fotoelétrico.

Uma aluna disse não ter compreendido a ilustração que destacava a distinção entre a energia contínua pelo espaço e a energia quantizada em “pacotes”. Depois de nova explicação ela disse que havia entendido, mas que não aceitava a definição, ocasionando nova situação na qual a formulação de um conceito, quando tratado do ponto de vista de sua criação, produz conflitos cognitivos que desafiam certas concepções ingênuas no que se refere à origem e desenvolvimento da ciência, como a dependência de uma aparente solidez do empirismo.

Por fim, foi descrito o *problema* trazido à tona pelo conceito introduzido por Einstein para a natureza da luz, retomando o embate onda *vs.* partículas. Um aluno, que costumava colaborar bastante com as aulas, começou a rir nesse instante, possivelmente por ter assimilado a volta da antiga dúvida.

Perguntado qual das duas concepções estaria adequada agora, uma aluna, a mesma que questionara a ideia dos corpúsculos de luz, disse que seria a de Einstein, afirmando que “*se antes todo mundo fez o que o Newton disse, agora todos seguiriam o Einstein*”, estando aparentemente bastante indignada com os meandros da ciência, conforme sugere o anarquismo epistemológico de Feyerabend, como já alegado.

O pesquisador informou, tal qual estava no *slide* projetado, que os fenômenos de difração e interferência só ocorrem para as ondas, assim se seguiu um silêncio por alguns segundos com algumas expressões de incompreensão e outras de aparente desatenção.

Dessa forma, foi trazida a definição da luz enquanto onda-partícula, salientando que, apesar de possuir ambas as características, é apresentada somente uma por vez. A mesma aluna que argumentou sobre Einstein antes protestou que haviam “*visto todos aqueles nomes para no final da conta todos estarem certos?*”. Foi respondido que não, pois os próprios conceitos de onda e partícula também mudaram com o tempo, pois cada um dos cientistas e filósofos deu sua contribuição em cada época, mas não significava que estavam todos corretos. Entretanto, ela não pareceu conformada.

Ao final, foi solicitado-se um trabalho aos alunos, no qual deveriam escrever um texto relatando suas impressões sobre a evolução histórica do conceito de luz, podendo se valer de algumas perguntas como guia, como “*foi um processo fácil ou difícil?*” ou “*rápido ou demorado?*”, por exemplo. Enquanto copiavam as instruções do trabalho, uma aluna perguntou se essa era a parte mais chata da matéria. O pesquisador respondeu que isso dependia de sua preferência. Por conseguinte, outra aluna perguntou se veriam “*a parte de cálculos disso*”, sendo respondido que sim. Desse modo, ela exclamou que preferia as apresentações ao invés das contas.

Memorando 05E: apresentação sobre efeito fotoelétrico, com os alunos inicialmente apáticos, mas que depois foram colaborativos, com comentários ou dúvidas. As discussões que encaminharam a evolução da natureza da luz geraram descontentamento, em especial em uma aluna, que aparentemente teve suas convicções desafiadas, evidenciando que o convite à reflexão, usufruindo seus conhecimentos prévios, foi parcialmente considerado, mas também houve reclamações.

DIA 06 – 08/05/2013

Aula 06 – Turma Experimental

Foi entregue aos alunos uma folha com alguns conceitos abordados durante as duas primeiras apresentações de *slides*, como a definição de Óptica, algumas características da luz (retilinearidade, velocidade, sua definição enquanto onda-partícula), introdução à Óptica Geométrica e os fenômenos de reflexão (com sua lei) e refração.

O material foi lido pelo pesquisador enquanto os estudantes acompanhavam, e, a princípio, boa parte da turma estava prestando atenção, pois atendiam aos questionamentos lançados. Utilizou-se o quadro branco para explicar a reflexão e a refração, construindo passo a passo as mesmas imagens presentes na folha. Foi dito aos estudantes que veriam melhor a refração nas próximas semanas, ao estudar as lentes.

Quando perguntados se havia alguma dúvida, boa parte disse que não e os demais fizeram que não com a cabeça ou não se manifestaram. Assim, foram passados três exemplos no quadro, dois sobre velocidade da luz (matemáticos) e um sobre reflexão (conceitual). Foi preciso esperar de 5 a 10 minutos até que a maioria tivesse copiado. Ainda enquanto copiava, um estudante questionou se a luz de uma estrela que estivesse a um ano-luz da Terra demoraria um *ano-luz* para chegar até aqui. Foi dito que demoraria um *ano*, pois ano-luz é uma medida de comprimento, e ele concordou, argumentando que havia se confundido.

Logo após, o mesmo aluno disse que a luz do Sol levava cerca de 8 minutos para atingir à Terra, respondido pelo pesquisador que era aproximadamente esse valor. Outro aluno, então, comentou em tom baixo que o Sol estava a 8 minutos-luz da Terra. O primeiro aluno disse que, se o Sol explodisse, demoraríamos 8 minutos para perceber o evento, e uma aluna, meio confusa, perguntou por que, ao que ele respondeu que se devia ao fato de que a luz do Sol demora oito minutos até chegar ao nosso planeta. Ela disse que havia entendido, e ainda exclamou que “*ainda teríamos oito minutos até morrer*”.

A discussão anterior só foi possível devido ao conhecimento prévio de um estudante que se sentiu confortavelmente apto a compartilhar tal informação, ou seja, os saberes dos estudantes não foram ignorados, o que conduziu não só a uma possível nova aprendizagem para os demais, como auxiliou na construção de um meio social mais propício ao ensino, mesmo que efemeramente.

O primeiro exemplo, que possuía três itens, pedia para fornecer quanto vale 1 ano-luz em metros e qual a distância de uma estrela que está a 20 anos-luz da Terra em quilômetros. O pesquisador resolveu os dois primeiros itens, pois o sinal tocou antes de encerrar o terceiro. Foi dito aos estudantes que aquele exemplo e os seguintes seriam finalizados no próximo dia.

Memorando 06E: aula com abordagem voltada à dinâmica tradicional, com uso do quadro para retomada de conceitos e resolução de exemplos. Houve participação de alguns estudantes, inclusive com o compartilhamento de informações entre eles próprios.

DIA 07 – 10/05/2013

Aulas 04 e 05 – Turma de Controle

Ao início da aula o pesquisador escreveu no quadro as instruções de um trabalho, o qual solicitava aos estudantes a elaboração de um texto sobre a relevância da Óptica em seu cotidiano, havendo alguns questionamentos por parte dos discentes.

Passou-se um texto sobre alguns conceitos de Óptica vistos na apresentação de *slides* da aula anterior, sobre características da luz, reflexão e refração. Os estudantes copiavam tranquilamente, mantendo seu nível de conversa habitual, mas bem menor que o da aula anterior. Terminado o texto, foram colocados três exemplos, sobre velocidade da luz e reflexão.

Antes de começar a resolução dos exemplos, o pesquisador informou que fariam um trabalho sobre esses tópicos na próxima aula, e que seria bom que todos prestassem atenção, ao que se fez um silêncio inédito na turma. A maior parte parecia acompanhar, e muitos foram os questionamentos durante a resolução dos exemplos, extensamente numéricos, principalmente sobre alguma operação matemática que não haviam compreendido.

Memorando 04/05C: aula tradicional, com exemplos e exercícios sobre tópicos introdutórios de Óptica. Os estudantes mostraram-se cooperativos nesse dia.

Aula 07 – Turma Experimental

O pesquisador foi solicitado pela direção da escola para adiantar a aula do 6º período para o 4º, o que foi feito. Ele foi à sala de aula ao final do recreio, o que espantou aos alunos,

porém avisou-lhes que estava subindo a aula. Colocou três exercícios no quadro e deixou a sala por cerca de meia hora.

Ao retornar, os exemplos que haviam ficado pendentes da aula anterior foram resolvidos e os alunos pareciam compreender, pois prestavam atenção, principalmente após a informação de que, em data próxima, haveria um trabalho sobre o tema.

Memorando 07E: aula de resolução de exercícios, porém não houve o acompanhamento do pesquisador, apenas durante a retomada de exemplos, aparentemente compreendidos.

DIA 08 – 15/05/2013

Aula 08 – Turma Experimental

O pesquisador questionou se haviam feito os exercícios da aula anterior, mas somente uma aluna havia resolvido dois, não conseguindo solucionar o terceiro. Por conseguinte, lhes foi solicitado que começassem a resolvê-los.

Uma aluna pediu para ajudá-la, sendo orientada na resolução dos exercícios. Outros alunos também fizeram questionamentos, mas eram perguntas mais pontuais. Outra estudante disse que não entender nada, e foi dito que os exercícios já seriam resolvidos no quadro.

A correção seguiu de maneira tranquila, sempre sendo salientado aos alunos as etapas da resolução, considerando a anotação dos dados, possível conversão das unidades de medida e identificação do que o problema solicita.

Uma aluna comentou, ao final do primeiro exercício, que não havia compreendido nada. O pesquisador perguntou o quê exatamente ela não havia entendido, e ela respondeu, novamente, “*nada*”. O exercício foi reexplicado e ela informou ter compreendido. Duas alunas comentaram que era muito difícil e que não sabiam como o pesquisador gostava de Física. Esse comentário não fora feito nas aulas anteriores, quando se tomou a discussão histórica e epistemológica da evolução do conceito de luz. Entretanto, com uma aula voltada ao aspecto tradicional, dado o excessivo rigor matemático, tornou-se possível perceber a imagem que os estudantes geralmente têm da Física.

Com a resolução do segundo exercício as dúvidas foram mais simples, sobre conversão de unidades. Ao fim, enquanto o terceiro exercício era resolvido, tocou o sinal,

sendo indicado como resolvê-lo. Os estudantes foram lembrados sobre o trabalho que será feito na próxima aula.

Memorando 08E: aula com resolução de exercícios. Os alunos estavam atentos, mas apontaram dificuldades para a compreensão dos mesmos.

DIA 09 – 17/05/2013

Aulas 06 e 07 – Turma de Controle

A aula teve início com a correção de três exercícios sobre velocidade da luz que haviam sido enviados para o *e-mail* da turma. Os estudantes foram colaborativos com os questionamentos e prestaram bastante atenção nas explicações. Após, foi entregue aos alunos o trabalho, que consistia na leitura e interpretação de um pequeno texto extraído do livro de ficção “*O Guia do Mochileiro das Galáxias*”, de Douglas Adams, publicado em 1979, e resolução de cinco questionamentos sobre o mesmo tema dos exercícios, realizado em dupla.

Algumas duplas solicitavam o pesquisador constantemente, porém outras trabalhavam por si só, sendo que a conversa entre duplas diferentes não foi permitida no início da atividade. As perguntas, muitas vezes, eram bastante ingênuas, pois os próprios estudantes as respondiam durante seus questionamentos. Em outras ocasiões eram mais consistentes, como na necessidade da conversão das unidades. Ao tocar o sinal para o segundo período, mais alunos chegaram, que tiveram dificuldades para resolver, ou mesmo finalizar, o trabalho.

Memorando 06/07C: realização de trabalho avaliativo. Estudantes comportaram-se de modo habitual, havendo empenho por boa parte da turma, apesar de alguns menos esforçados.

Aula 09 – Turma Experimental

As luzes da sala de aula estavam apagadas quando o pesquisador chegou. Ele perguntou por que estavam no escuro, e uma aluna respondeu que haviam passado toda a manhã assim, mas nesse tempo outra aluna acendeu as luzes. Foi pedido que se separassem em duplas para a realização do trabalho.

Em seguida lhes foram entregues os trabalhos e iniciou-se sua resolução, de forma semelhante à turma de controle. A exceção foi um aluno que comentou que seria impossível

viajar mais rápido que a luz, embora um exercício sugerisse, de acordo com o texto de ficção proposto, que um viajante humano houvesse realizado tal feito.

Memorando 09E: aula semelhante a da turma de controle, com realização de trabalho avaliativo, também repetindo-se o comportamento dos estudantes, que igualmente se dedicaram à atividade, com destaque a um estudante que fez uma crítica adequada à questão que sugeria a existência de velocidade superior a da luz.

DIA 10 – 22/05/2013

Aula 10 – Turma Experimental

Cada estudante recebeu um texto impresso preparado pelo pesquisador sobre espelhos planos, onde se destacava a formação de imagens e suas características. Tomou-se a leitura da parte introdutória e seguiu-se uma explicação no quadro, no qual foi redesenhada uma gravura que estava na folha, salientando as etapas de sua construção.

Os alunos pareciam não ter grandes dificuldades em compreender a reflexão dos raios luminosos no espelho plano. O pesquisador disse que os ângulos de incidência e reflexão não ficariam exatamente iguais em sua representação, pois não tinha um transferidor para medi-los. Nesse momento, alguns alunos perguntaram o que era um transferidor, sendo dito que era uma espécie de "*régua redonda*", graduada para medir ângulos, quando uma aluna ergueu um objeto exclamando "*isso?!?*", ao que ele confirmou. Assim, ela lhe emprestou o transferidor. O pesquisador perguntou se eles sabiam como utilizá-lo e responderam que tinham ideia, pois o estavam usando em Matemática para montar um círculo trigonométrico, conforme disse uma aluna ao levantar uma folha de ofício com a figura desenhada.

O transferidor foi usado para ajustar o esquema no quadro. Após, foi desenhado mais um raio luminoso, salientando que os raios refletidos pelo espelho plano não se encontravam, mas seus prolongamentos sim, conforme eram traçados no quadro. Duas alunas disseram que era "*muito difícil*" e que "*não haviam entendido nada*". Isto se alinha com as expectativas deste projeto de pesquisa, ao considerar a abordagem da Óptica unicamente pela Óptica Geométrica, situação que exige um grau de abstração geralmente incompreensível e indesejável pelos estudantes. Novamente explicado, elas admitiram ter compreendido.

Foram passados três exemplos no quadro, enquanto os discentes copiavam e conversavam entre si. Os trabalhos anteriores foram devolvidos aos estudantes, que aparentemente ficaram contentes com suas avaliações. Em seguida tocou o sinal.

Memorando 10E: aula marcada pelo uso de material impresso e de quadro e giz, aos moldes do ensino tradicional. Estudantes acompanhavam as explicações, inclusive solidarizando-se, como quando emprestaram o transferidor, porém alegaram dificuldades de compreensão, acredita-se, devido, em parte, à abordagem adotada e, de outro lado, pelo alto grau de abstração exigido.

DIA 11 – 24/05/2013

Aulas 08 e 09 – Turma de Controle

Como um trabalho seria realizado nessa data, muitos estudantes estavam na sala ao início da aula. Um aluno comentou que o trabalho não poderia ser feito naquele dia, pois a paralisação dos funcionários de uma empresa de ônibus impediria muitos de chegar. Foi dito que seria esperado um pouco e os alunos chegaram durante os minutos seguintes.

Foi passado no quadro um exemplo sobre câmara escura, tema sobre o qual seria a aula e também o trabalho, que consistiria em desenhar uma câmara para diferentes objetos, construindo graficamente a imagem projetada. Enquanto copiavam, cada estudante recebeu uma folha com um texto e gravuras sobre câmara escura. Alguns alunos acharam que era o trabalho, mas logo foi respondido que não.

O texto foi lido em voz alta, acompanhado de pausas para explicação junto ao quadro. Uma aluna disse não ter entendido nada, porém só havia sido desenhado um retângulo, que representava a câmara escura, e feito um buraco para a abertura. De qualquer forma, foi explicado outra vez. Depois, representou-se esquematicamente a imagem de uma árvore, como constava na folha recebida por eles, explicando por que a imagem estava de cabeça para baixo, e os alunos afirmaram ter compreendido.

Em seguida, começou a resolução do exemplo passado no início da aula. Nele, eram especificadas dimensões para a câmara escura e para o objeto usado, no caso uma seta, e solicitada a projeção da imagem no interior da caixa. Para desenhar no quadro, o pesquisador usou uma régua com 50 cm, o que chamou a atenção dos alunos, que a acharam muito grande.

Depois de concluída a construção da imagem, um aluno disse que poderiam “fazer essas caixas na aula”. Esse estudante demonstrou interesse no assunto, apesar da rigidez das abordagens tradicionais, e tentou evoluir seu conhecimento. O pesquisador, apesar de estar inclinado, não poderia atender ao seu pedido, pois a construção de uma câmara escura com a turma de controle descaracterizaria o projeto de pesquisa. Ele respondeu que, devido a grande

quantidade de alunos na turma, seria difícil construir as câmaras com todos. O aluno acenou com a cabeça, concordando, e exclamou que “*seriam umas 25 caixas, pelo menos*”.

Quando perguntado se havia alguma dúvida, um aluno questionou como seria possível enxergar a imagem dentro da câmara já que ela era vedada, uma interessante questão. O pesquisador afirmou que no fundo da caixa é colocado algum papel translúcido, como um papel manteiga ou vegetal, onde a imagem é projetada. O estudante concordou. Também foi feita uma analogia, indicando que os olhos funcionam de forma semelhante às câmaras escuras, assim como as câmeras fotográficas, sejam essas analógicas, com filmes ou papéis, ou digitais, com sensores.

Na etapa posterior, os discentes receberam o trabalho, que deveria ser feito em trios. Alguns estudantes também fizeram o trabalho da aula passada nesse mesmo dia. Os alunos, em sua maioria, conseguiam resolvê-lo, mas outros chamavam o pesquisador com dúvidas recorrentes, como o que significava cada sigla para as especificações necessárias à construção das gravuras da câmara, objeto e imagem. Era respondido sempre para olharem para o quadro, já que todas as informações estavam lá. Alguns faziam isso e compreendiam, e outros poucos resmungavam que não haviam entendido, mas em contrapartida não se esforçavam para tal.

Ao tocar para o segundo período alguns estudantes entraram em aula. Receberam a folha com o conteúdo tratado e a do trabalho, mas os mesmos permaneceram inertes quase todo o tempo, ainda que fosse uma atividade avaliativa. Resolveram iniciar restando alguns minutos e, ao fim da aula, reclamaram do pouco tempo.

A maioria dos alunos pedia para o pesquisador analisar, durante a resolução, se suas gravuras estavam corretas, que os auxiliava, tentando fazer com que percebessem seus equívocos, quando necessário. A aula seguiu desse modo pela quase totalidade do tempo, sendo que muitos trios terminaram a avaliação após meia-hora de seu início.

Memorando 08/09C: aula com realização de trabalho avaliativo sobre câmara escura. Houve atenção dos estudantes durante as explicações prévias, destacando-se um aluno que mostrou inclinação para o desenvolvimento de uma atividade prática. O trabalho transcorreu sem grandes complicações, com a maioria dos alunos solicitando auxílio ao pesquisador em diferentes oportunidades.

Aula 11 – Turma Experimental

Enquanto o pesquisador se encaminhava para a sala de aula, três alunas informaram-no que naquela manhã deixariam o térreo, onde estudavam, e iriam para uma sala no terceiro andar, pois realizavam alguma obra próximo a sua sala, estando o barulho intenso.

Todos já estavam acomodados quando o pesquisador chegou. Elogiavam a sala, considerando-a melhor que a anterior, principalmente pelas classes. Algumas alunas pediram para terminar a aula mais cedo, pois estavam no último período, mas foi dito que não, já que esse era o horário da aula. Meio desanimadas, elas aquiesceram.

A aula iniciou-se com a resolução dos exemplos do dia anterior. As atividades foram resolvidas no quadro, que também foi elogiado pelos alunos, por ser muito grande em relação ao quadro que sua sala possuía. Durante a correção, uma aluna geralmente antecipava as respostas. O pesquisador dizia que ela estava correta, mas mesmo assim explicava a resolução para os demais. Eles interagiam quando perguntados se tinham dúvidas e, quando respondiam algo como “*não entendi*”, algum passo era reexplicado.

Terminado o último exemplo, que falava sobre a distância aparente entre bailarinas que ensaiavam uma coreografia em frente a um espelho plano e suas imagens, um aluno perguntou, salientando que era “*com todo respeito*”, o que levou alguém a estudar isso, provavelmente se referindo à utilidade do estudo da formação de imagens no espelho plano, algo considerado importante, partindo do princípio que o ambiente de sala de aula tenha se tornado aprazível a ponto de estabelecer tais críticas.

Foi-lhe respondido que, imaginava-se, tomou-se tal estudo por vontade ou curiosidade de compreender sobre o mundo ao seu redor, no caso específico o funcionamento dos espelhos. Ele agradeceu pela resposta, mas não pareceu muito satisfeito. Nessas últimas aulas da turma experimental, mais alinhadas no que se considera ensino tradicional, muitos exemplos e exercícios fugiam do senso comum, tornando perfeitamente compreensível a inquietação do estudante. Não que houvesse concordância em acreditar que algo seja importante somente por sua utilidade prática, mas um exercício sem um correspondente palpável acaba gerando uma sensação de desconforto, principalmente, acredita-se, depois de aqueles estudantes terem sido incitados a refletir sobre os conceitos, suas origens e controvérsias históricas.

Os alunos copiaram as resoluções, o que demandou certo tempo. Os últimos minutos foram empregados para ditar cinco exercícios, solicitando que os resolvessem em casa, pois seriam necessários para um trabalho a ser feito na próxima aula.

Memorando 11E: neste dia houve a correção de exemplos, com participação mais ativa de alguns estudantes e discreta dos demais. Um aluno exerceu sua criticidade ao julgar a validade de certo conhecimento, o que possivelmente se devesse à comparação entre a metodologia tradicional empregada nas últimas aulas e aquela do minicurso, mais reflexiva.

DIA 12 – 29/05/2013

Aula 12 – Turma Experimental

Os discentes fizeram um trabalho avaliativo nesse dia, em trio e com consulta, resolvendo exercícios sobre espelhos planos e reflexão da luz. Como os estudantes tiveram uma aula tradicional sobre a formação das imagens em espelhos planos, sem o uso de espelhos em sala, no momento de representar graficamente a formação da imagem muitos não conseguiam diferenciar objeto e imagem, e não aceitavam com facilidade a existência de uma imagem como se estivesse “dentro” do espelho, representada em seu lado virtual.

Durante a realização de um exercício que perguntava o porquê de alguns veículos, como ambulâncias, possuírem os letreiros frontais escritos de maneira simétrica, um dos estudantes disse que sabia como resolver o exercício e entendia o motivo, entretanto discordava de sua finalidade, pois evidentemente um motorista saberia que uma ambulância está atrás de seu carro, já que é um veículo bastante diferenciado dos demais e ainda conta com o som da sirene, que ele imitou falando a onomatopeia “uón, uón, uón” algumas vezes.

Apesar de o aluno aparentar indignação, seus colegas apenas riram da situação. Todavia, sua colocação tinha pertinência, uma vez que evidenciava que os estudantes, ao menos em parte, percebem que as aulas tradicionais tornam o ensino bastante engessado, no caso, exemplificado pelo uso massificado de exercícios sem uma relação plausível com seu cotidiano ou para a configuração de uma aprendizagem significativa, como todos anseiam.

Memorando 12E: os estudantes resolveram o trabalho avaliativo, mas expuseram dificuldades em apropriar-se dos conceitos. Quando um aluno demonstrou indignação com uma questão, apontou certa fragilidade dos modos de avaliação do ensino tradicional e, mais uma vez, apareceu na turma experimental uma reflexão crítica em relação ao próprio cotidiano.

DIA 13 – 07/06/2013***Aulas 10 e 11 – Turma de Controle***

A aula iniciou com a devolução dos trabalhos do primeiro trimestre. Todos se conformaram com os resultados de seus trabalhos, não havendo nenhuma reclamação ou dúvida quanto à atribuição dos conceitos. Em seguida, foram divulgados os conceitos finais.

No quadro, seguiu-se a correção de dois dos três trabalhos entregues, pois um se tratava de uma redação. O primeiro consistia na interpretação de um texto e resolução de exercícios sobre velocidade da luz a partir de um trecho extraído do livro *O Guia do Mochileiro das Galáxias*, de Douglas Adams. Por boa parte do tempo a turma colaborou com a correção, fazendo silêncio e questionamentos, principalmente os estudantes em recuperação.

O segundo trabalho consistia na construção gráfica de imagens para câmara escura, utilizando somente papel e lápis a partir de dimensões especificadas para o desenho da câmara e do objeto em questão, uma seta na vertical apontando para cima. Por levar certo tempo para desenhar, a conversa entre os estudantes acentuou-se, mas a maioria permanecia colaborativa.

Terminadas as correções e respondidas as dúvidas, foram passados três exercícios. Ao tocar o sinal para o segundo período, cerca de dez alunos entraram na sala, tumultuando bastante o ambiente. Aos poucos, começaram a perguntar tudo o que já havia sido comentado no primeiro período, como a devolução dos trabalhos e os conceitos de cada um. Após passar os exercícios no quadro, foram divulgados os conceitos dos que haviam recém chegado.

Alguns poucos estudantes começaram a resolver os exercícios. Os que estavam aprovados acharam desnecessário, com exceção de uma aluna, e os que estavam em recuperação estavam desinteressados, com exceção de um aluno. Todo esse imbróglio mostra que, acima de tudo, a escola é encarada pela maioria como uma etapa obrigatória em sua jornada social, sendo extremamente difícil encontrar aqueles que pretendem aproveitar esse ambiente para seu engrandecimento. Obviamente, não é uma responsabilidade exclusiva dos estudantes, mas, ao lembrar-se de Ausubel tem-se que a predisposição do aprendiz é indispensável para sua evolução cognitiva. Contudo, nem o mais abnegado dos professores conseguirá modificar tal realidade sozinho. Nos poucos minutos que restavam estes dois alunos foram auxiliados na resolução dos exercícios e atendidas suas dúvidas.

Memorando 10/11C: aula com correção de trabalhos anteriores, inicialmente com boa colaboração. Com o tempo, o nível de atenção decaiu acentuadamente, comprometendo o melhor aproveitamento dos poucos alunos que se empenhavam. Tal episódio revelou que, provavelmente, a maioria dos estudantes encara o ensino de Física como atividade obrigatória, preocupando-se somente em obter a aprovação. Esse cenário se apresenta como um enorme desafio ao professor imbuído do desejo de mostrar sua relevância para a formação cidadã.

Aula 13 – Turma Experimental

Nesse dia, havia cerca de doze ou treze estudantes em sala de aula, dos vinte e um regulares. A exemplo da turma de controle, foram divulgados os conceitos e retornados os trabalhos. As quatro alunas que ficaram em recuperação não estavam presentes. Antes de iniciar a correção dos trabalhos, um aluno disse que não seria preciso, porque as alunas reprovadas não estavam. Foi respondido que seria necessário, pois também os auxiliariam para as próximas aulas, já que permaneceriam estudando Óptica. Uma aluna argumentou que quem sabia poderia ficar sabendo ainda mais.

Iniciada a correção do trabalho sobre espelhos planos e reflexão, os estudantes estavam bem atentos, reagindo aos questionamentos e lendo as respostas que haviam colocado em seus trabalhos. As questões seguintes envolviam a construção de imagens em um espelho plano. Mais uma vez os estudantes foram receptivos. Um deles comentou que havia perdido a aula em que havia sido explicada tal parte, por isso não teria subsídios (ou, talvez, subsunçores, do ponto de vista ausubeliano) para resolvê-la.

Em seguida, foi tomada a correção do segundo trabalho. Os alunos ficaram mais desatentos, pois essa avaliação havia sido devolvida em outro dia, e eles não a possuíam em aula para tomar o acompanhamento, embora cada uma das questões fosse lida em voz alta. Em determinado momento, uma aluna comentou “*o professor tá ficando indignado*”. Ele respondeu que estava um pouco e passados alguns minutos ela pediu a seus colegas que prestassem atenção, algo que ele já havia feito, mas com menos sucesso.

Ainda no mesmo trabalho, foram corrigidas as duas últimas questões. Uma aluna exclamou, possivelmente achando a avaliação acessível, que “*ainda tem gente que tá em recuperação?!?*”. Outra aluna disse, comentando a última questão, que era “*tão óbvia*” que resistiu em aceitar o resultado. Perguntados se havia ficado alguma dúvida, responderam que não. Assim, foram liberados para o recreio, menos de cinco minutos antes de tocar o sinal.

Os estudantes saíram da sala e o pesquisador apagou o quadro. Enquanto guardava seu material, uma aluna comentou que não gostava de vê-lo “*assim, cabisbaixo, no canto da sala*”. Ele riu um pouco e disse que não estava abatido, só estava guardando o material. Outro aluno perguntou se era difícil dar aula. Foi respondido que era um pouco cansativo em certas ocasiões. A aluna falou que o problema não era dar aula, mas as pessoas com as quais tinha que trabalhar (referindo-se aos estudantes). O aluno então disse ao pesquisador que, sempre que estiver desapontado, deveria lembrar que exerce “*a profissão mais nobre de todas*”.

Memorando 13E: aula com menos alunos em sala que o habitual, foi marcada pela alternância de momentos de participação e desmotivação dos estudantes ao acompanhar a resolução de trabalhos anteriores.

DIA 14 – 12/06/2013

Aula 14 – Turma Experimental

Cada um dos estudantes recebeu nessa aula duas folhas, material que tratava sobre a câmara escura. Não foi realizada a leitura do mesmo, mas suas ilustrações auxiliaram a explicação. Em torno de 25% dos estudantes faltaram nesse dia.

A explicação foi tomada através de um desenho no quadro, onde um retângulo simbolizava a câmara escura, uma árvore o objeto e os raios luminosos foram representados por duas retas, assim se explicou porque que a imagem estaria de cabeça para baixo. Salientou-se, também, a semelhança com o funcionamento do olho humano e da câmera fotográfica, dizendo que em uma câmera a imagem é projetada em um papel, filme ou sensor. Quando perguntados se chegaram a conhecer o filme fotográfico, uma aluna disse que sim, enquanto outros balançaram a cabeça concordando. Assim foi antecipado que estudariam o funcionamento das câmeras fotográficas em breve.

Ao serem questionados sobre alguma dúvida, disseram ter compreendido. De fato, a câmara escura já havia sido introduzida durante a apresentação inicial sobre a evolução histórica do conceito de luz, portanto os estudantes poderiam ter lembrado.

Pedi-se para que se dividissem em pequenos grupos, com três ou quatro componentes, pois cada um construiria uma câmara escura, em pequenas proporções. Para isso foi disponibilizado o material necessário (papel cartão preto, com uma planificação da

caixa que formaria a câmara, papel vegetal, agulha e fita isolante), com exceção de tesouras, que eles haviam levado.

A atividade foi ilustrada por etapas, primeiro solicitando que cortassem o papel nas partes indicadas, assim como deveriam dobrar o restante em outros pontos. O objetivo era construir dois pequenos paralelepípedos de papel, um sem fundo e sem topo, cujo fundo seria coberto com o papel vegetal, e o outro somente sem seu fundo, em cujo topo seria feito um pequeno orifício com uma agulha. As duas caixas formadas, uma levemente menor, seriam encaixadas, constituindo assim a pequena câmara escura, na qual a imagem seria projetada no papel vegetal. Por ser formada por duas caixas independentes, a câmara escura poderia ter seu comprimento alterado, possibilitando enxergar a imagem maior ou menor.

O pesquisador ficou circulando durante a atividade pelos quatro grupos criados (estavam quinze alunos em aula), auxiliando-os na montagem da câmara, o que ocorreu sem grandes transtornos. Os alunos comentavam que era um pouco difícil conseguir colar o papel com a fita isolante, em decorrência de sua maleabilidade. Um estudante perguntou por que o lado preto do papel, e não o marrom, ficava para dentro da câmara. Assim, foi explicado sobre a absorção da luz pelas faces internas da câmara, que auxilia na definição da imagem.

Após alguns minutos, os grupos concluíram a montagem, com exceção de um. Eles questionavam como a câmara funcionaria. Foi respondido para esperar um pouco pelos colegas. Uma aluna perguntou se a câmara era “*assim mesmo?*”, pois não estava visualizando nada, e uma colega sua concordou. Após, ela levou a câmara ao olho, olhando o interior da mesma através do orifício feito pela agulha, reclamando que só enxergava o branco do papel vegetal no fundo. Desse jeito, entendeu-se o que ela quis dizer e foi iniciada a explicação.

Foi dito que a observação é mais fácil para objetos que emitem luz, pois a claridade do ambiente, no caso a sala de aula, prejudicaria a visualização da imagem. Assim, mostrou-se que a câmara não vai diretamente ao olho, mas que o orifício ficaria voltado para o objeto, estando o fundo da câmara virado para a pessoa. Cabe comentar que, nesse ponto, a construção da câmara tornou-se fundamental para o seu entendimento, pois a abordagem no quadro, como ilustrou a confusão da aluna, não se mostrou suficientemente eficiente (ao menos não para todos os alunos).

A demonstração foi feita para observar primeiramente uma lâmpada fluorescente compacta e, em seguida, a chama de uma vela, pois em ambos os casos é possível obter a

projeção e perceber a inversão da imagem. Pediu-se para que os estudantes se aproximassem dos objetos luminosos com suas câmaras, assim puderam contemplar as imagens, mostrando-se surpreendidos com o resultado, dizendo ser bastante legal.

Ao acender as luzes, o pesquisador começou a recolher os materiais que sobraram sobre as mesas, quando uma aluna disse que a aula tinha sido “*muito boa hoje*”, e outra comentou que sempre deveria ser assim, com “*aula prática*”, opinião possivelmente favorecida em função das aulas tradicionais dos dias anteriores. O pesquisador agradeceu, e disse que estava contente por elas terem gostado da atividade.

Aproveitando os minutos que restavam, foi dito que uma imagem também poderia ser projetada com uma lente, o que foi demonstrado com uma lupa, apagando novamente as luzes da sala e projetando a imagem da porta na parede oposta. Os alunos exclamaram expressões como “*nossa*” ou “*bah*” ao perceber a imagem, sendo que um aluno disse “*isso é Física!*”. Pediu-se que prestassem atenção que a imagem também estava de cabeça para baixo, quando pessoas começaram a passar pelo corredor, do lado de fora da sala, corroborando o que fora colocado, efeito que deixou os alunos mais admirados.

Memorando 14E: aula marcada por atividade prática, para a construção da câmara escura, em grupo Os estudantes mantiveram-se atentos durante as explicações, contudo o momento mais frutífero consolidou-se com a realização do experimento, tanto pela parte artesanal, na construção da câmara, quanto por seu uso. Também se saúda a formação de diversos questionamentos durante a atividade, que igualmente agradou aos estudantes, conforme suas manifestações positivas.

DIA 15 – 14/06/2013

Aulas 12 e 13 – Turma de Controle

A aula iniciou cerca de meia hora após o horário tradicional, pois quatro estudantes precisaram fazer uma prova de recuperação.

Nesse dia, foi tomada uma apresentação de *slides* sobre cores. No início foi feita uma pequena revisão sobre alguns pontos, como a definição da luz como onda eletromagnética, tradicionalmente alegada para o Ensino Médio, e suas características físicas, como frequência e comprimento de onda, fundamentais para a classificação dos tipos de radiação eletromagnética e para a definição de cor.

Prosseguindo, comentou-se a respeito da dispersão cromática em um prisma, explicando sobre a dupla refração e a divisão do feixe, o que foi mostrado utilizando a luz do Sol e um CD, refletindo-a no teto da sala, que exibia um espectro semelhante ao do arco-íris, o que também foi brevemente tratado. A turma não se mostrou muito receptiva a esse experimento, tratando-o com certo desdém.

Seguiu-se para as cores aditivas primárias, parte que mais causou entusiasmo nos estudantes, ao contrário da demonstração anterior. Ao empregar três lâmpadas (vermelho, verde e azul), foram mostradas as cores obtidas pela união das mesmas em pares e também o branco, quando as três são reunidas, projetando as luzes no quadro branco da sala. Utilizando um cartão com um círculo vazado, posicionado entre as lâmpadas e o quadro, tornou-se mais evidente a obtenção das cores secundárias e do branco.

Também foram vistas algumas aplicações tecnológicas das cores aditivas primárias, como a formação da imagem em televisores e o seu emprego em CCDs, úteis em câmeras fotográficas digitais e em telescópios atuais. A esquematização da formação da imagem da Nebulosa de Órion pelo Hubble prendeu a curiosidade de quase todos.

Conseguida a atenção dos alunos, sua participação melhorou quando se abordou as cores dos objetos, usando-se uma lâmpada vermelha para iluminar um círculo igualmente vermelho e outro verde, que se tornou preto ao absorver a luz que era lançada sobre ele. O mesmo ocorreu ao tratar das cores subtrativas primárias, ou seja, as cores primárias para pigmentos, assim como sobre o daltonismo e principalmente sobre a visão dos animais.

Memorando 12/13C: a aula com apresentação de “slides” sobre cores suscitou maior interesse dos estudantes, sobre tudo durante as demonstrações experimentais, ainda que não em todas, o que expõe a preferência dos estudantes pelas aulas que não se alinham à abordagem tradicional de quadro e giz.

DIA 16 – 19/06/2013

Aula 15 – Turma Experimental

Cerca de quinze minutos foram empregados na preparação do ambiente para uma apresentação de *slides*. Na parte inicial, foram recordados alguns conceitos da Óptica Geométrica amplamente vistos, como a retilinearidade da luz e sua representação por raios

luminosos e os espelhos planos, dessa vez valendo-se de algumas fotografias, porém os estudantes estavam meio dispersos durante esse processo.

A atenção começou a melhorar quando se iniciou a discussão sobre lentes, principalmente sobre lentes convergentes. Os alunos não pareciam se importar muito com as causas pelas quais uma lente funciona, como a refração (mais uma revisão), mas interagiam mais ao verem como uma imagem se formava, assim como a convergência dos raios luminosos. Nesse instante uma estudante perguntou se era por esse motivo que era possível colocar fogo em algo com uma lupa, sendo respondido que sim, explicando que a temperatura se eleva bastante no ponto onde a luz do Sol é focalizada. Infelizmente o mau tempo não permitiu fazer tal demonstração nesse dia, o que foi dito aos alunos.

A parte que despertou completamente a turma ocorreu quando o projetor de *slides*, já ao fim da aula, foi desligado para a realização de um experimento, dessa vez favorecido pela sala escurecida pelo dia nublado. Com uma seringa, uma gota d'água era deixada suspensa, sendo o feixe de um *laser* verde incidido sobre a mesma. Como a gota funciona como uma lente convergente, obteve-se uma imagem real que foi projetada no quadro branco da sala, permitindo que visualizassem alguns micro-organismos. Os alunos brincavam com a situação, enquanto outros diziam que era “*muito nojento ver esses bichos*”, o que se intensificou quando revelado que aquela água havia sido coletada em um bebedouro no colégio. Alguns estudantes pediram para fotografar o experimento com seus celulares.

Após, utilizando a seringa, foi coletado um pouco de água de uma poça que se formara em frente à porta da sala de aula, realizando novamente o experimento. Dessa vez, vários micro-organismos foram revelados, algo bem diferente da água usada na demonstração anterior que, embora parecesse “*asquerosa*”, como colocado por alguns alunos, continha bem menos micróbios, estando os mesmos inertes. Nesse caso, a movimentação desses seres era intensa. Os alunos se sentiram mais tranquilos após essa colocação.

Memorando 15E: aula com a retomada de apresentações de “slides”, sobre conceitos de Óptica Geométrica, como o funcionamento de lentes, estando os estudantes divididos entre momentos de atenção ou não. Novamente, uma demonstração experimental despertou a motivação dos discentes.

DIA 17 – 21/06/2013

Aulas 14 e 15 – Turma de Controle

Um texto e exemplos sobre espelhos planos foram colocados no quadro. Desse modo seguiu-se boa parte do primeiro período, pois era preciso esperar os alunos copiarem.

Prosseguindo, o conteúdo foi explicado aos alunos, destacando a formação e características da imagem, como a igualdade da dimensão bem como da distância entre espelho-objeto e espelho-imagem. Ao resolver os exemplos, numericamente e através de desenhos, os estudantes disseram que era muito fácil, e que haviam gostado do tema. Uma aluna perguntou se seria assim na prova, mas outro aluno disse “*ele não faz prova*”.

Dois exercícios foram passados. A maioria dos alunos copiou, mas apenas cerca da metade tentou resolvê-los. Contudo a participação da turma foi boa durante as correções. Foi explicado que na aula seguinte seria levado um trabalho, porém sua resolução se daria em casa, havendo concordância dos estudantes.

Memorando 14/15C: aula nos moldes tradicionais, com uso intensivo do quadro e interação comedida com os estudantes.

Aula 16 – Turma Experimental

A aula ocorreu novamente em uma sala do terceiro andar, em virtude do uso de um televisor, acarretando menos tempo despendido em relação à instalação do *datashow*. Em cerca de cinco minutos, os estudantes estavam acomodados no ambiente.

A aula teve início com um comentário a partir de uma gravura que havia sido feita no quadro, que esquematizava o último experimento feito na aula anterior. Tratava-se da projeção da imagem de uma gota de água no quadro, permitindo que visualizassem micro-organismos presentes na mesma.

Foi explicado que a gota de água suspensa na ponta da seringa funcionava como uma lente convergente e assim o *laser* verde, ao passar pela gota, direcionar-se-ia para o foco, sendo que a imagem projetada estaria invertida. Uma aluna disse, então, que a imagem vista no quadro estava de cabeça para baixo. Foi respondido que sim, que quando se via um micro-organismo subindo, significava que ele estava descendo na gota, ou o contrário.

Após, reiniciou-se a apresentação de *slides*, dando começo à parte sobre fotografia analógica. Antes, foi colocado que a bateria do *notebook* estava acabando, e que os

carregadores do colégio haviam sumido, assim a aula seguiria até onde fosse possível. Uma aluna comentou que “*esse colégio estava uma confusão*”.

Primeiramente, se viu alguns pontos sobre a tentativa da humanidade de registrar imagens, como a pintura e a escultura, por exemplo. Também se recordou da câmara escura, principalmente o motivo pelo qual a imagem se formava de cabeça para baixo, devido à retilinearidade da luz. Assim, colocou-se que o problema principal estava em registrar uma imagem e não em captá-la.

Em decorrência, foi introduzido Niépce e a primeira fotografia, por ele chamada heliografia, através de uma combinação de câmara escura com lentes, utilizando uma placa metálica com betume da Judeia. Apesar de ter comentado durante a explicação, uma aluna perguntou o que era o betume, que se tratava de um derivado do petróleo bastante sensível à luz, sendo assim usado para adquirir fotografias.

Logo, foi mostrada a imagem da primeira fotografia, sendo afirmado que demorou oito horas para ser obtida. No mesmo momento, uma aluna disse “*imagina hoje em dia, ficar lá parada oito horas pra tirar uma foto pro Instagram*” e fez uma pose como se estivesse segurando um celular na frente de um espelho. Seus colegas riram, e um aluno comentou que “*ainda bem que agora é mais rápido*”.

A seguir, ficaram comentando sobre o que aparecia na imagem. Uma aluna disse que via duas pessoas, assim um estudante aproveitou para comentar que os seres humanos têm certa tendência a identificar rostos em qualquer figura e foi dito que ele tinha razão, que há ilusões de óptica a respeito. Ao mesmo tempo, outros alunos já afirmaram se tratar de algum telhado, ou de casas. Por conseguinte, foi dito que a câmara havia sido posicionada no sótão da casa de Niépce e aquela seria sua paisagem, onde se podia ver, embora não nitidamente, telhados, paredes, janelas, chaminés e árvores ao fundo. Um aluno comentou que achava ter visto algumas árvores.

Outra aluna perguntou se havia uma fotografia da primeira câmera fotográfica. O pesquisador respondeu que provavelmente, mas não havia visto. Então ela argumentou que não seria possível, pois não havia outra câmera para tirar sua foto, assim foi replicado que qualquer outra câmera produzida depois poderia tê-la fotografado. Ela continuou sem entender, e seus colegas riram, porém tentaram ajudá-la, embora ainda se mostrasse confusa.

Continuou-se a abordagem da história da fotografia, passando por Daguerre e seu daguerreótipo, salientando a adoção dos sais de prata para sensibilizar as placas de metal. Também foram exibidas algumas fotografias, com qualidades muito melhores que a primeira. Os alunos se mostraram surpreendidos, e uma aluna comentou que “*essas fotografias preto e branco são muito bonitas*”.

Em seguida viu-se Talbot, que havia requerido os direitos sobre o invento do daguerreótipo, por ele chamado de calótipo. Um aluno comentou que era um “*calote, isso sim*”, após ouvir que Talbot havia sabido da existência do daguerreótipo para mostrar posteriormente seu invento. A colaboração de Talbot foi trocar as placas de metal, mais caras, por papel sensibilizado por sais de prata.

Foram vistas algumas fotos retiradas por Talbot. Em uma paisagem de Londres, perguntou-se se enxergavam algo fora de foco na fotografia e responderam ter visto um cavalo. Foi dito que a cabeça do cavalo estava desfocada, pois ele se mexia durante os minutos que a foto precisava para ser registrada. Nisso, um aluno comentou que era um costume em determinado lugar (ele não especificou qual) que a família de algum falecido tirasse retratos com o mesmo recém-morto, pois as fotografias eram muito caras e pouco usuais, assim poderiam ter uma recordação. Outro estudante disse que assim seria mais fácil retirar a foto, pois o corpo não se mexeria, o que gerou alguns risos na turma.

Depois foi trazida uma fotografia em sépia por volta de 1850, que mostrava um clube de fotógrafos com cerca de quatro ou cinco segurando suas enormes câmaras. Os estudantes brincaram que aquele seria o precursor das redes sociais. Uma aluna disse, também, que não gostava desse efeito (sépia), mas foi colocado que no caso não seria um efeito, e sim a própria foto, ao que ela respondeu que sim, porém não gostava do mesmo jeito.

Também foi comentado brevemente sobre Hercule Florence, franco-brasileiro que teria inventado a fotografia nos moldes de Daguerre e Talbot anteriormente aos mesmos, inclusive sendo o primeiro a utilizar o termo fotografia. Assim, um aluno disse que agora seria mais abrangente, pois “*hélio*” foi substituído por “*foto*”. Também foi informado que Florence não conhecia técnicas de fixação das fotografias, assim boa parte delas se perdeu. Foi mostrada uma fotografia de um diploma, e eles disseram que aquela ele tinha tirado para o *Facebook*. Esses comentários dos estudantes, referentes às redes sociais, pressupõem um conhecimento prévio que subsidiaria a ideia de uma evolução tecnológica relacionada ao

avanço científico, assim os mesmos estariam hipoteticamente interpretando aquela aula como uma introdução dos passos primordiais que conduziram à aquisição dos equipamentos fotográficos modernos, como seus celulares, por exemplo.

Para iniciar a última sessão da apresentação de *slides*, sobre fotografia colorida, foi perguntado aos estudantes se eles imaginavam quando havia surgido a primeira foto colorida. Um estudante disse que não tinha certeza, mas sabia que havia sido antes dos anos 1940, pois havia visto algumas fotos coloridas da Segunda Guerra. Foi respondido que ele estava certo, mas que havia sido ainda bem antes, sendo revelado o ano de 1861.

Comentou-se que até então as fotos possuíam só duas cores, mas não havia uma fotografia colorida antes dessa época, a não ser por aquelas pintadas à mão. Um aluno comentou que, segundo seu pai, “*antigamente as pessoas, mesmo as mais pobres, tiravam uma foto do seu rosto e um terno era pintado na foto e que ficava direitinho*”, sendo que sua família possuía uma fotografia de seu tataravô desse modo.

Mostrou-se que a primeira foto colorida foi teoricamente proposta por Maxwell em 1855, sendo retirada somente seis anos depois por seu assistente, Sutton. Foram vistas as fotos dos dois com suas respectivas famílias e os alunos e alunas comentaram que uma das filhas de Sutton seria muito bonita.

Em continuidade, foi apresentado que a ideia de Maxwell para a fotografia colorida dependia da teoria das cores de Young e Helmholtz. Um aluno disse assombrado “*Young?*”, e o pesquisador respondeu “*Young?*”. Ele não se conformou e disse novamente “*Young?*”, ao que o pesquisador colocou “*sim, Young?*”. Finalmente, ele explicou “*Young, o discípulo de Freud?!?*”, assim pôde-se esclarecer que não, que esse se chamava Jung (salientando a diferença da pronúncia) e o estudante compreendeu. Uma aluna comentou que “*parecia que o (...) [nome do aluno] ia bater no professor?*”. Riu-se da situação.

Foi explicado, então, que as cores vermelho, azul e verde são as cores primárias para as luzes devido às células fotossensíveis denominadas cones, que temos em nossa retina, diferenciando as cores primárias para luzes e para pigmentos. Após, foi tomado um experimento com lâmpadas com as cores primárias, sendo mostrado que pela união delas aos pares obtinham-se as cores secundárias (magenta, ciano e amarelo) e, com as três, o branco.

Os alunos gostaram bastante dessa parte experimental (como geralmente ocorre, embora nessa aula em especial eles tenham participado muito durante a apresentação de *slides*, o que foi bastante positivo), mas se animaram mais quando foi posicionado um cartão com um furo circular entre as lâmpadas acesas e o quadro branco, para onde as luzes eram apontadas, obtendo-se assim a mesma imagem que viram anteriormente em um *slide*, que evidenciava a união das cores e a formação do branco. Eles reagiram admirados à imagem, mas um aluno pareceu mais entusiasmado, exclamando que agora entendia por que o pesquisador gostava de Física.

Em seguida, foi falado sobre a montagem da primeira fotografia colorida, contando com a projeção de três imagens, cada uma com uma das cores primárias para luzes, obtendo-se a foto. Mostrou-se a primeira foto, que, apesar de não possuir muitas cores, ainda assim é colorida. A impressão dos alunos não foi de muita animação.

Quando seria iniciada a parte sobre o conde de Hauron, que propôs uma nova técnica para obtenção de fotos coloridas, a bateria do *notebook* acabou. Um aluno pediu para o pesquisador explicar o que ele havia feito, estando aparentemente interessado. Desse modo foi dito que ele sobrepunha imagens com cores diferentes para conseguir uma imagem colorida, mas usando as cores secundárias para os pigmentos, porém foi dito que veriam melhor na próxima aula, sendo os alunos dispensados.

Enquanto eles estavam se despedindo, o mesmo aluno que fez a pergunta sobre Hauron e que havia gostado do experimento com as lâmpadas, perguntou por que tinha uma lupa sobre a mesa. O pesquisador respondeu que iria projetar uma imagem na parede, para os alunos que não haviam visto em uma aula anterior (da construção da câmara escura), mas que havia esquecido. Assim, ele e uma aluna ficaram na sala. Uma cortina foi afastada da janela e o pesquisador seguiu até a parede oposta da sala, onde projetou a imagem dessa janela na parede, através da lupa. Quando a imagem se formou, o aluno começou a rir incessantemente, falando que aquilo era “*incrível*”. A reação da aluna foi idêntica, mas menos exagerada.

Foi-lhes dito por que a imagem estava de cabeça para baixo, então a aluna foi até a frente da janela e levantou seus braços, vendo sua imagem ao contrário projetada, fazendo com que o aluno ficasse ainda mais empolgado. Os dois se despediram e desejaram um bom final de semana, agradecendo pela demonstração experimental.

Memorando 16E: com a continuação da apresentação de “slides”, os alunos reagiram positivamente

à abordagem da História da Fotografia, respondendo veementemente aos questionamentos lançados e trazendo relatos de seu cotidiano ou mesmo história pessoal, tecendo relações com construtos sociais atuais, como as redes sociais. Também se animaram com os experimentos, em especial dois alunos que permaneceram ao final da aula.

DIA 18 – 26/06/2013

Aula 17 – Turma Experimental

O pesquisador entregou aos discentes uma autorização para que pudesse fotografar e gravar o áudio em determinadas aulas e usar os registros em seu trabalho. Os estudantes aceitaram tranquilamente e alguns, descontraído, falaram que ele precisaria empregar o *photoshop* em suas imagens antes de utilizá-las.

Iniciando a apresentação, recordou-se o que foi visto na última aula: a origem da fotografia analógica, incluindo fenômenos físicos e químicos relacionados, e a parte inicial sobre a concepção da fotografia colorida, ponto do qual partiu a aula. No decorrer, viu-se sobre a fotografia do conde de Hauron, que usava pigmentos coloridos em sua obtenção. Os alunos diziam compreender o processo, com exceção de uma aluna, que perguntou novamente sobre o mesmo, mas mesmo assim disse estar um pouco confusa após uma nova explicação.

Prosseguindo, foi trazido que o emprego do filme fotográfico foi importantíssimo para a popularização da fotografia ainda no século XIX, além de possibilitar a existência do cinema. Também viram algumas fotografias coloridas do início do século XX e fez-se uma pequena colocação de como a Óptica e seus avanços foram fundamentais à fotografia. Por fim, o último *slide* colocava que o passo decisivo para que a fotografia chegasse até todos foi o advento da fotografia digital, sendo informados que a veriam em outra aula. Um aluno comentou nesse instante que o pesquisador sabia como terminar uma apresentação de *slides*, pois sempre deixava um gancho para continuações.

A finalização da apresentação foi curta, durando cerca de dez a quinze minutos. Após, foi perguntado a eles se haviam se dado conta de que havia uma lata sobre uma cadeira que estava sobre a mesa do professor. Uma aluna disse que sim e brincou que não queria perguntar nada, pois achou um pouco estranho. Foi dito, então, que aquela lata era uma câmera fotográfica *pinhole* e assim, com uma segunda câmera, foi explicado seu funcionamento, fazendo analogia com a câmara escura que construíram em outra aula.

Explicou-se que, nesse caso, a imagem seria projetada em um papel fotográfico, fotossensível, sendo demonstrado pelo pesquisador como ele reagia à luz ao segurar uma pequena tira desse papel, mantendo seus dedos sobre algumas partes do papel e pressionando-o contra o quadro. Após cerca de dois minutos, os alunos viram que a parte que ficou exposta a luz ficou com tons alaranjados muito intensos, enquanto o pedaço coberto pelos dedos estava relativamente branco. Os alunos exclamaram “óóó” quando enxergada a marca sobre o papel.

Também foi comentado com os discentes sobre a intenção de levá-los à Casa de Cultura Mario Quintana, onde poderiam usar o laboratório de fotografia, e todos gostaram da ideia. Discutiu-se qual a melhor data dentre duas possibilidades e chegou-se a um acordo. Um estudante lembrou que o pesquisador deveria providenciar autorizações, ao que informou que já as havia elaborado, sendo que uma colega sua retrucou, dizendo “*tá tirando o professor para o estagiário*”, brincando. O aluno se sentiu um pouco incomodado, mas tratou-se de acalmar os ânimos, sendo dito que todos estavam querendo auxiliar.

Através de imagens, foram mostradas as etapas da revelação das fotografias, comentando-se sobre a necessidade da luz vermelha bem como a função de cada um dos líquidos (químicos) utilizados na revelação e fixação das imagens.

Prosseguindo, foram trazidas diversas fotos retiradas com *pinholes*, mostrando que um negativo é obtido e que, com programas de edição de imagens, pode-se “arrumar” a imagem, pois ela se forma de maneira simétrica, sendo também possível inverter suas cores e assim obter um positivo, ou seja, uma fotografia com a qual se está mais habituado.

Os estudantes reagiram positivamente às fotografias, tentando adivinhar os locais apresentados ou perguntando onde eram os mesmos, ou ainda discutindo o que seria tal forma que aparecia nos negativos, assim como criticavam as imagens das quais não gostavam muito. Também foi mostrado que é possível fazer o mesmo procedimento com um filme fotográfico, contudo foram avisados que trabalhariam somente com o papel no decorrer das atividades.

Memorando 17E: foi uma aula com momentos diferenciados. Os estudantes participaram da finalização da apresentação de “slides” sobre a evolução da fotografia analógica, mas de maneira menos intensa que na aula anterior. Após, animaram-se com as imagens registradas com câmeras fotográficas “pinhole”, bem como saudaram a possibilidade de uma saída de campo à Casa de Cultura Mario Quintana.

DIA 19 – 28/06/2013***Aulas 16 e 17 – Turma de Controle***

Os estudantes receberam um trabalho avaliativo, que seria feito em dupla em horário extraclasse e devolvido na próxima aula. Em seguida, foi entregue a autorização para o direito do uso de imagem e áudio para a pesquisa e, por fim, uma folha com um texto sobre refração, conteúdo que foi abordado mais profundamente naquele dia.

Quando iria iniciar a leitura, o pesquisador perguntou se alguém gostaria de ler. Uma aluna disse que sua colega gostaria, mas ela respondeu que não, porém disse que, se ele quisesse, ela leria. Foi dito que não era preciso, então um aluno, que não costumava ser muito participativo, surpreendentemente se prontificou a ler.

Ele lia o texto com bastante dificuldade, principalmente em algumas palavras, como “propagação”. Alguns colegas tentavam ajudá-lo, mas os outros se incomodavam, o que levantava a suspeita sobre se eles de fato queriam contribuir ou amedrontar o leitor. Ele continuou a leitura até o final do que lhe foi solicitado.

Comentou-se com os estudantes que a refração foi abordada algumas vezes, inclusive com uma demonstração experimental, usando o *laser* verde em um aquário com água, sendo que eles concordaram sinalizando com a cabeça. Acrescentou-se que, nesse momento, haveria um tratamento matemático. Uma aluna disse que não era necessário, mas foi comentado que essa parte também integra a compreensão da refração.

Aproveitando uma figura do material, foi explicado como identificar os ângulos de incidência e refração. O aluno que havia feito a leitura disse não ter entendido, havendo nova arguição. Outro estudante perguntou se o ângulo não deveria ser medido entre a superfície e o raio luminoso, mas elucidou-se que a reta normal é adotada para tal finalidade.

Continuando, falou-se sobre o índice de refração, introduzindo seu conceito e definição. Uma tabela com alguns valores foi comentada e uma aluna informou que a água aparecia duas vezes. O pesquisador comentou que foi uma falha dele, mas ela brincou que deveria ser para lembrarem bem do valor.

Após, foi apresentada a Lei de Snell. Os alunos reclamaram um pouco por causa dos senos presentes na expressão, pois estavam estudando as relações trigonométricas em

Matemática. Perguntaram como iriam saber o valor dos senos para cada ângulo, sendo respondido que poderiam usar alguma tabela, geralmente presente nos livros de Matemática, ou então uma calculadora científica.

Em seguida, foram resolvidos dois exemplos. O primeiro, mais simples, pedia para calcular o índice de refração em certo cristal, o qual os estudantes assimilaram bem, mas tiveram certas dificuldades com o segundo, que pedia para obter o valor do ângulo de refração, sendo necessário usar a Lei de Snell.

A seguir, três exercícios foram passados. Cerca de metade da turma tentava resolvê-los, enquanto o restante conversava deliberadamente. Após vinte minutos teve início a correção, e os estudantes que fizeram a atividade auxiliaram bastante, ficando os demais ou em silêncio ou simplesmente conversando, sem ao menos copiar.

Memorando 16/17C: aula seguindo a metodologia tradicional de ensino, onde se abordou refração e lei de Snell. Os estudantes contribuíram no início das atividades, contudo a atenção se dispersou em alguns momentos, mantendo-se cerca de metade dos estudantes concentrada.

Aula 18 – Turma Experimental

Uma aluna perguntou ao pesquisador se a aula seria na sala de aula habitual, que respondeu sim. Ao indagar o motivo, ela disse que sua colega comentou que usariam uma luz vermelha naquele dia, provavelmente se referindo ao laboratório fotográfico, mas foi explicado que fariam isso durante a saída de campo. Em seguida, o pesquisador informou que gravaria o áudio daquela aula, utilizando um *tablet* para tal.

Houve a distribuição do material para que os estudantes construíssem suas câmeras *pinhole*, divididos em grupos. Cada grupo recebeu uma lata de leite em pó e um papel preto fosco, sendo solicitado que forrassem o interior da lata, com o auxílio de uma fita isolante.

Pesquisador: – *Tá, pessoal! Rapidinho aqui, por favor... pessoal! Por Favor! Muito obrigado.*

Aluno 02: *Valeu, sor.*

Pesquisador: – *A lata tem um furo, se vocês olharem no meio dela...*

Aluna 03: – *Tem o que?*

Pesquisador: – *Um furo, no lado.*

Aluna 04: – *Tá, ok.*

Pesquisador: – *O que vocês têm que fazer é tapar a lata toda por dentro com o papel preto.*

Aluna 05: – *Até o furo?*

Aluna 06: – *Não, depois dá pra enfiar um negocinho ali...*

Pesquisador: – *O furo também, mas depois tem que abrir o papelzinho, ali.*

Aluna 05: – *Tá.*

O pesquisador perguntou se algum grupo gostaria de “fazer duas latas”, pois estava sobrando material, e um grupo aceitou. Perguntados novamente, um aluno disse que sim, pois ele estava “gostando da ideia”.

Enquanto os estudantes forravam as latas, foi entregue para cada grupo um questionário sobre a montagem e funcionamento da *pinhole*, junto com um pequeno artigo (o mesmo usado no Estudo Preliminar) como texto auxiliar. Uma aluna perguntou se eles poderiam resolver em casa e entregar na próxima aula. O pesquisador respondeu inicialmente que não, porém percebeu que seria melhor deixar, pois os grupos empenhavam-se no trabalho.

Um momento inusitado ocorreu quando um estudante pediu para o pesquisador prestar atenção no quadro, não apagado de uma aula de língua espanhola, a fim de identificar algo:

Aluno 07: – *Professor, professor, olhe para o quadro, não há algo estranho ali?*

Pesquisador: – *Uma cruz no meio do quadro?*

Aluno 07: – *Não, não, fora a cruz, ao lado.*

Pesquisador: – *O quê?!*

Aluno 07: – *Ao lado da cruz e ao lado de “trabaja”.*

Pesquisador: – *Falta um “l”, não é?*

Aluno 07: – *Falta um “l”, não é? Você acha que uma professora de espanhol pode cometer esse erro?*

Pesquisador: – *Acho que não.*

Aluno 08: – *E ela ainda falou “ela” [pronúncia em português], o certo era “ella” [“eja” – pronúncia em espanhol].*

Aluno 07: – *Ou, dependendo do lugar, “ella trabaja” [“eia trabarra” – pronúncia em espanhol].*

Aluno 08: – *e ela falou “ela trabaja”*

Aluno 07: – *Não, ainda, “e-la tra-ba-ja” [falando lentamente].*

Aluna 03: – *Sor, ela fala pro mundo [ruídos].*

Aluno 07: – *ela... ela não sabe, ela é professora e não sabe espanhol.*

Aluna 09: – *Ô gente, tá gravando!*

Aluna 01: – *Ah, é, tá gravando... [risos diversos].*

Pesquisador: – *Só eu vou ouvir, não se preocupem.*

Aluna 09: – *Por isso que o senhor não falou nada, né?!*

Ainda que não demonstre relação direta ao ensino da Óptica, e talvez soe inocente, tal passagem também está impregnada por uma preocupação de alguns estudantes da turma experimental com a qualidade do tratamento didático que lhes era dispensado, ponto de vista amplamente ignorado por agentes organizadores da educação em diferentes esferas, atitude que desanima e afasta gradativamente o interesse do alunado, o que, como se acredita, interrompe os elos necessários para uma aprendizagem significativa.

A seguir, foi entregue um pequeno pedaço de papel laminado, um pouco mais espesso que o convencional, para cada grupo. Os estudantes perguntavam para que ele serviria, lhes sendo dito que seria colocado em frente ao orifício já produzido na lateral da lata, pois, como ele era muito grande, precisariam diminuí-lo. Uma aluna perguntou como iriam furar o papel laminado, sendo dito que seria usada uma agulha de acupuntura, por ser bastante estreita. Após, o pesquisador passou em cada um dos grupos para explicar como furar o papel laminado. Eles também precisavam lixá-lo após furá-lo, e ainda desentupir o orifício, pois a poeira gerada poderia obstruí-lo, o que impediria a passagem da luz.

O pesquisador retirou algumas fotos (figura 6.1). Uma aluna brincou que ele deveria ter avisado antes, para ela ir mais arrumada, ao que uma colega do seu grupo disse que não era para posarem para as fotos, que deveriam ser espontâneas. O pesquisador concordou, e descontraíu ao dizer que eles deveriam fazer de conta que estavam muito concentrados, embora de fato estivessem bastante comprometidos com a atividade.



Fig. 6.1: estudantes da turma experimental durante a atividade em grupo da construção das câmeras “pinhole” em sala de aula (aula 18).

Os alunos que terminavam a parte de fabricação do orifício perguntavam o que fazer com o papel laminado furado, sendo respondido para colarem na lateral da câmara, tomando cuidado para alinhar o furo com o orifício na lata. Àquela altura, eles já haviam feito um furo no papel preto que forrou a lata internamente, graças a um estilete levado por uma aluna, o que facilitou muito o processo.

Nesse momento, já havia alguns grupos mais adiantados que outros, mais pela falta de alguns materiais do que por dificuldades dos grupos, o que gerou certa afobação em alguns alunos, pois devido a um atraso para o início da aula, ocasionado pela docente do período anterior, faltavam poucos minutos para tocar o sinal. Alguns grupos informaram já haver terminado, mas foi dito que faltava um último passo, que seria a fabricação da cortina que taparia a abertura da lata.

Explicados os últimos passos, eles prontamente o seguiram. Usaram uma fita crepe para escrever seus nomes nas câmeras, pois as mesmas ficariam guardadas na escola. Um aluno comentou que sua câmera era “até digital”. Os estudantes começaram a reorganizar a sala, arrumando as classes e as cadeiras que haviam sido deslocadas para a formação dos grupos e posteriormente iam embora.

Memorando 18E: aula empregada para a construção das câmeras “pinhole”. Os estudantes, organizados em grupos, manifestaram-se positivamente à atividade, reforçando sua predileção por trabalhos práticos. Durante a tarefa fizeram vários questionamentos, comentários ou solicitações ao pesquisador, assim como houve momentos de descontração, o que contribuiu para favorecer uma relação saudável entre pesquisador e docentes.

DIA 20 – 03/07/2013

Aula 19 – Turma Experimental

Após os habituais minutos empregados para organização da sala e para tomar o registro do áudio da aula, os estudantes receberam uma autorização para a saída de campo para a Casa de Cultura Mario Quintana.

Pesquisador: – *Tá pessoal, silêncio, por favor.*

Aluna 01: – *Fala meu amor... vamos deixar o sor falar!*

Pesquisador: – *Obrigado! A autorização de hoje, que tá aí com vocês, é do passeio. Então tragam...*

Aluna 09: – *É agora?*

Pesquisador: – *É depois de amanhã.*

Aluna 10: – *Êêê...*

Aluna 01: – *já?!*

Pesquisador: – *Então tragam no dia, e se tiver nublado ou chovendo a gente não vai, pois precisa do Sol pra tirar as fotos. Então...*

Aluna 09: – *A gente vai tirar as fotos lá?*

Pesquisador: – *Sim.*

Aluna 01: – *Mas a gente vai de manhã, né sor?*

Aluno 07: – *Sim, vai às dez da manhã e volta meio dia.*

Pesquisador: – *Isso. [conversas incompreensíveis]*

Aluna 09: – *Tem que pagar quanto, sor?*

Pesquisador: – *Só a passagem do ônibus.*

Aluna 09: – *Ah, tá.*

Teve início a apresentação de *slides*, sendo informado se tratar da última apresentação, estendendo que o tema seria Óptica e Fotografia Digital. No início, foram mostradas algumas imagens de equipamentos tecnológicos antigos e, ao lado, os mesmos, porém em versões atualizadas. A imagem de um computador chamou a atenção dos discentes.

Pesquisador: – *E aqui, se alguém adivinhar o que é, passa de ano já, direto.*

Aluna 01: – *É um computador.*

Pesquisador: – *É um computador. Passaste, parabéns!*

Aluna 05: – *Como é que passava?*

Pesquisador: – *Quê?*

Aluna 05: – *Quem adivinhava passava? Eu passava também.*

Pesquisador: – *Agora já foi, era só uma pessoa.*

Aluna 11: – *Ela é tão lenta que se tudo já aconteceu ela [final incompreensível].*

Aluna 10: – *Bota de novo, sor.*

Pesquisador: – *Tá aqui o computador.*

Aluno 12: – *Tá, mas não dá pra ver que é um computador.*

Aluno 13: – *Como que não dá, toda a sala é um computador.*

Pesquisador: – *Toda a sala é um computador.*

Aluna 09: – *É?! que loucura.*

Aluna 04: – *Sério? Como é que era o teclado.*

Pesquisador: – *Não tinha teclado. Eram vários fios e caixinhas e as pessoas iam conectando os plugues na parede.*

Também chamou a atenção que os estudantes antecipavam diferentes pontos da apresentação, mostrando que o tema lhes era familiar. Certa surpresa decorreu ao

visualizarem a imagem da primeira câmera fotográfica digital, com formato e dimensão muito maiores do que as disponíveis atualmente.

Pesquisador: – *Tá, então essa daí é a primeira câmera digital.* [alunos mostram admiração]

Aluna 01: – *Quase um computador, uma CPU.*

(...)

Aluna 01: – *Ô sor, mas isso foi criado depois da analógica?*

Pesquisador: – *Sim, isso foi em 75.*

Aluna 01: – *Tá, mas a analógica é bem menor.*

Pesquisador: – *Na época sim.*

Aluna 01: – *E o cara criou essa tão grande por quê?*

Pesquisador: – *Porque era o que ele tinha na época pra conseguir fazer uma câmera digital.*

Aluna 01: – *Hum.*

Pesquisador: – *Depois que ela foi diminuindo. Mas era o material que tinha disponível na época e a tecnologia que tinha na época também.*

Decorridos alguns minutos, o pesquisador comentou que os estudantes haviam ficado muito quietos, foi então que uma aluna, sem dizer nada, apontou para o *tablet* a sua frente, ou seja, acredita-se que a gravação em áudio possa tê-los inibido, embora o mesmo não tivesse sido percebido na semana anterior. Ao menos, a participação melhorou um pouco depois.

Terminada a apresentação, foi salientado aos estudantes para não esquecerem a autorização, pois a saída de campo seria, caso não chovesse, no próximo encontro.

Memorando 18/19C: aula marcada pela apresentação de “slides” a respeito de câmeras fotográficas digitais. Os estudantes contribuíaam com os questionamentos, mais uma vez trazendo relatos de seu dia a dia, dado que o tema pareceu se alinhar com seu cotidiano. Também mostraram interesse e curiosidade pela visualização de equipamentos antigos e sua evolução histórica.

DIA 21 – 05/07/2013

Aulas 18 e 19 – Turma de Controle

Após organizar a sala, pediu-se que os estudantes devolvessem os trabalhos necessários e as autorizações fornecidas na semana anterior, enquanto eram entregues três

folhas sobre o t3pico que seria tratado naquela aula: lentes esf3ricas. Tamb3m foi informado ao grande grupo que o 3udio daquele dia seria registrado (cuja qualidade n3o ficou boa).

Iniciou-se, ent3o, uma apresenta3o de *slides* que fazia a introdu3o da forma3o e interpreta3o de imagens atrav3s de lentes esf3ricas, por meio da representa3o gr3fica com diagramas, com o uso dos raios luminosos principais.

Como geralmente ocorria com a turma de controle, houve conversas paralelas durante as explica3o3es, talvez devido ao n3mero maior de alunos, ou mesmo por uma dificuldade de obter sua concentra3o, havia uma altern3ncia com momentos mais silenciosos, quando os estudantes costumam realizar mais questionamentos.

O grupo tamb3m pareceu gostar da apresenta3o de *slides*, talvez pela mesma ser bastante curta, tomando apenas um peda3o inicial da aula. O pesquisador monopolizou o protagonismo da aula, como conv3m na abordagem tradicional, contudo alguns estudantes fizeram coment3rios durante as explica3o3es e elogiaram a elabora3o do material, dizendo que pediriam uma aula de como utilizar o programa de edi3o de *slides*.

Ap3s a apresenta3o, foi explicado o uso da equa3o das lentes esf3ricas, seguido da resolu3o de exemplos, momento no qual continuou havendo conversas paralelas, mas os pr3prios estudantes pediam para seus colegas fazerem sil3ncio e tiravam algumas d3vidas.

Aluna 01: – *Sor, ali t3 indicando que a lente 3 convergente por causa da reta que os raios fazem?*

Pesquisador: – *N3o, por causa da ponta das setas [aluno 02 falou simultaneamente].*

Aluna 03: – *Se a seta 3 pra dentro ela 3 divergente, se 3 pra fora ela 3 convergente.*

Aluna 04: – *Parab3ns! Parab3ns!*

Cerca de metade dos alunos iniciou a resolu3o de um trabalho entregue naquele dia, com tr3s exerc3cios, durante a aula, aproveitando os cerca de vinte minutos finais, tendo alguns completado a atividade naquele tempo.

Memorando 18/19C: a aula intercalou uma pequena apresenta3o de “slides” com o uso de quadro e giz. Houve maior predile3o dos estudantes pelos “slides”, uma vez que elogiaram o material. J3 para o uso do quadro, as conversas paralelas, que surgiram ainda antes, persistiram, contudo os estudantes mais atentos pediam maior coopera3o para seus colegas.

Aula 20 – Turma Experimental

Nesse dia foi feita a saída de campo para a Casa de Cultura Mario Quintana, em Porto Alegre, onde se realizou o uso das câmeras *pinhole* construídas em sala de aula. O pesquisador à sala de aula quando tocou o sinal para o início do recreio, recolheu a autorização e saiu com o grupo, seguindo todos em um trajeto de cerca de vinte minutos, através de um percurso com uso de ônibus e caminhada, da escola até à Casa de Cultura Mario Quintana, onde se encaminharam para o laboratório de fotografia.

Foram recebidos pelo fotógrafo responsável pelo ambiente e os alunos se acomodaram na pequena sala inicial, ficando alguns sentados e a maioria em pé. Foram feitas algumas explicações sobre como utilizar a câmera *pinhole*: sobre o tempo de exposição, o posicionamento da câmera em relação à iluminação solar e como operá-la. Igualmente, foi solicitado que tirassem uma foto com seus celulares do mesmo local da fotografia analógica, para uma futura confrontação das imagens. Alguns estudantes também aproveitaram para conversar com o fotógrafo, que auxiliou bastante durante toda a atividade, em especial um aluno que revelou praticar fotografia, descrevendo os modelos de suas câmeras.

Seguiram todos para o laboratório, onde estavam o papel fotográfico e os líquidos para a revelação das imagens. O pesquisador explicou para os alunos os procedimentos e, quando perguntado se havia algum questionamento, uma aluna disse que ele já havia explicado em sala de aula e outra comentou que “*o professor gosta de repetir as coisas*”, “*para gravar bem*”, comentou o próprio em tom de descontração, mas essa fala deixava marcado que ao menos estas alunas estavam atentas às aulas.



Fig. 6.2: a “parte molhada” do laboratório fotográfico da Casa de Cultura Mario Quintana iluminado somente pelas luzes vermelhas, conforme foi utilizado pelos estudantes da turma experimental.

Prosseguindo, foram apagadas as luzes do laboratório, acendendo-se as luzes vermelhas de segurança, que não sensibilizam o papel fotográfico (figura 6.2). Os estudantes estranharam inicialmente, mas aos poucos se acostumaram com a luminosidade diferenciada. Foi mostrado como cortar o papel com uma guilhotina e o cuidado para não marcá-lo com os dedos ao posicioná-lo adequadamente no interior da lata. Alguns estudantes se sentiram a vontade para manipular o papel, mas outros preferiram que o pesquisador fizesse essa parte.

Quando terminaram de carregar todas as câmeras *pinhole*, saíram do laboratório. Alguns estudantes pediram para ir ao banheiro, assim foi necessário esperá-los. Contudo, devido ao longo tempo de espera, o pesquisador decidiu procurá-los e descobriu que um grupo já havia retirado sua foto, enquanto outros seguiram direto para o jardim do quinto andar, local onde todos tirariam suas fotos.

No jardim, cada grupo começou a escolher o que fotografar (figura 6.3). Alguns tentaram registrar a si próprios, enquanto outros optaram por alguma paisagem, como as plantas do local ou as edificações urbanas. Como o tempo colaborou, tendo céu aberto e um Sol intenso em pleno mês de julho, formou-se um ambiente extremamente propício para retirar as fotos. O pesquisador aproveitou para fazer um registro, assim como tirou algumas fotos com uma câmera digital da movimentação dos estudantes. A pedido dos alunos e alunas, também se tirou uma foto de todo o grupo, como recordação do passeio de estudos.



Fig. 6.3: estudantes da turma experimental durante o uso das câmeras “pinhole”, no jardim do quinto andar da Casa de Cultura Mario Quintana, na aula 20.

Tomadas as fotos, regressaram para o laboratório para realizar a revelação. O pesquisador colocou cada líquido em sua respectiva bandeja e revelou a foto que havia tirado

para demonstrar os procedimentos. Os alunos que estavam mais próximos e tinham uma visão clara da revelação ficaram boquiabertos ao verem a imagem surgindo aos poucos no papel fotográfico. Depois, o papel era repassado nas demais bandejas, sendo reexplicado o efeito de cada um dos líquidos e como deveriam proceder durante a troca dos banhos, como não misturar as pinças usadas para manipular a fotografia em cada bandeja, por exemplo.

Feito isso, tal como havia ocorrido com o corte e manipulação do papel fotográfico, alguns estudantes fizeram a revelação de suas fotos (a maioria era os mesmos de antes) e outros pediram para o pesquisador realizar o procedimento. Algumas fotos ficaram nítidas, outras parcialmente, e algumas não deram certo, o que é perfeitamente normal para a primeira vez que se faz esse tipo de fotografia (figuras 6.4 a 6.8). Por exemplo, um grupo deixou um tempo de exposição muito mais longo que o indicado, estando sua foto (negativo) muito escura, quase preta. Já outro não havia cortado adequadamente o papel que forrava a lata, estando o mesmo obstruindo a abertura da câmera, formando imagens em apenas uma parte do papel (essa câmera foi ajustada posteriormente).



Fig. 6.4: negativo (acima) e positivo (abaixo e à esquerda) obtidos pelo primeiro grupo de estudantes da turma experimental através da câmera “pinhole” em oposição à fotografia registrada pelo celular (abaixo e à direita).

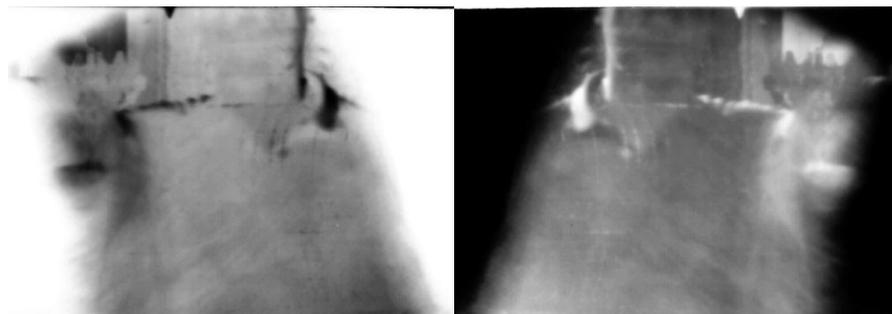


Fig. 6.5: negativo (esquerda) e positivo (direita) registrados pelo segundo grupo de estudantes da turma experimental a partir da câmara "pinhole".

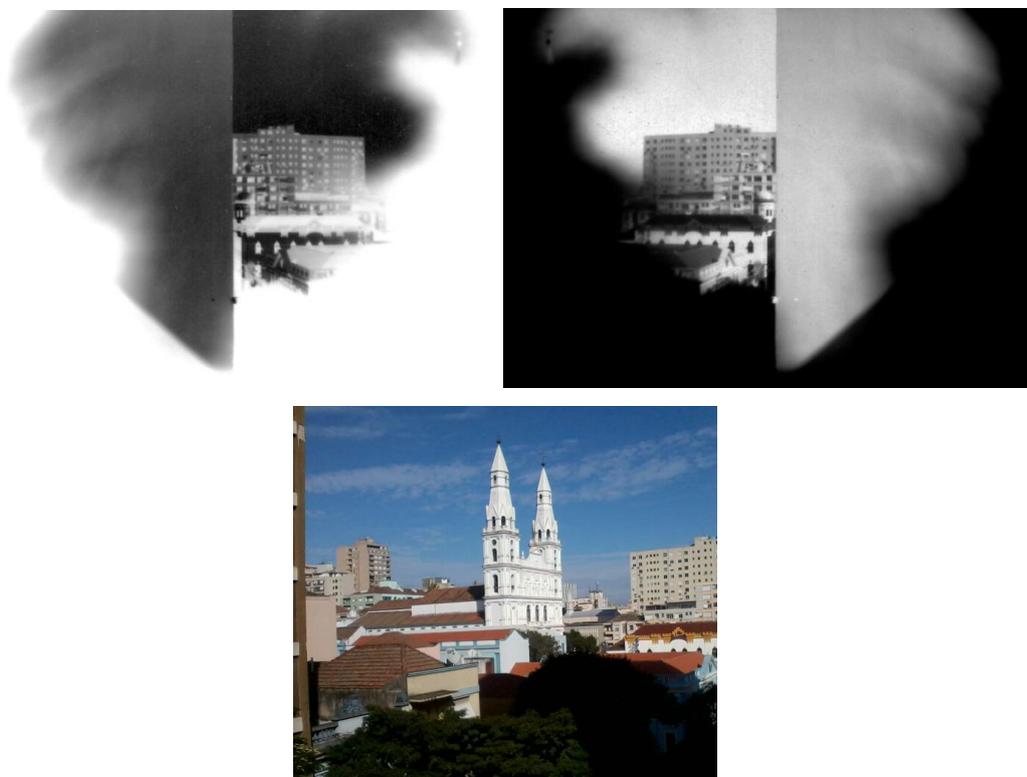


Fig. 6.6: negativo (acima e à esquerda) e positivo (acima e à direita) registrados pelo terceiro grupo de estudantes da turma experimental a partir da câmara "pinhole" em oposição à fotografia registrada pelo celular (abaixo).





Fig. 6.7: negativo (anterior) e positivo (posterior) registrados pelo quarto grupo de estudantes da turma experimental a partir da câmera “pinhole”.



Fig. 6.8: negativo (acima) e positivo (abaixo) obtidos pelo pesquisador a partir da câmera “pinhole” mostram os estudantes da turma experimental durante a tomada de suas fotografias.

Terminadas todas as revelações, começou-se a recarregar novamente as câmeras com o papel fotográfico, porém dois grupos não quiseram mais fotografar, e insistiam em perguntar se poderiam ir embora, sendo que faltava um bom tempo para o horário marcado para o final das atividades. Foi dito que eles não eram obrigados a fotografar, caso não quisessem, mas que não iriam embora mais cedo. Obviamente, essa atitude deixou o pesquisador decepcionado, e também a alguns dos estudantes, que depois comentavam entre si que, caso os colegas reclamassem de algo, deveriam lembrá-los que, quando tiveram uma oportunidade de uma atividade diferenciada, não souberam aproveitar.

Agora um pouco mais independentes e cientes do que fazer para tentar ajustar suas fotos, os grupos escolhiam os lugares no iluminado jardim do quinto andar com outra visão,

comentando sobre luzes e sombras, assim como adotavam outros valores para o tempo de exposição, maiores ou menores, dependendo do caso, consultando o pesquisador ou o fotógrafo caso tivessem alguma dúvida. Os grupos que terminavam de retirar suas fotos seguiam sozinhos para o laboratório e já iniciavam a revelação por conta própria, com a supervisão do fotógrafo. A figura 6.9 resultou dessa segunda rodada de fotografias.



Fig. 6.9: negativo (acima) e positivo (abaixo) obtidos pelo primeiro grupo da turma experimental a partir da câmera "pinhole" durante a segunda rodada de fotografias.

Alguns estudantes tornaram a pedir para ir embora, assim muitos saíram. Passados poucos minutos, os demais também foram liberados, mas alguns estudantes resolveram continuar, para fazer a revelação ou conversar com o fotógrafo. A câmera de um grupo foi ajustada, cortando um excesso de papel que bloqueava a entrada de luz, e recarregada novamente. Dessa maneira, o pesquisador, um aluno e uma aluna voltaram ao quinto andar para mais uma fotografia.

O trio ficou cerca de dez minutos após o tempo combinado, com o consentimento do fotógrafo responsável, o que foi bom, pois a fotografia dos estudantes após a adequação da *pinhole* ficou bastante nítida, ficando os dois muito satisfeitos com o resultado (figura 6.10).

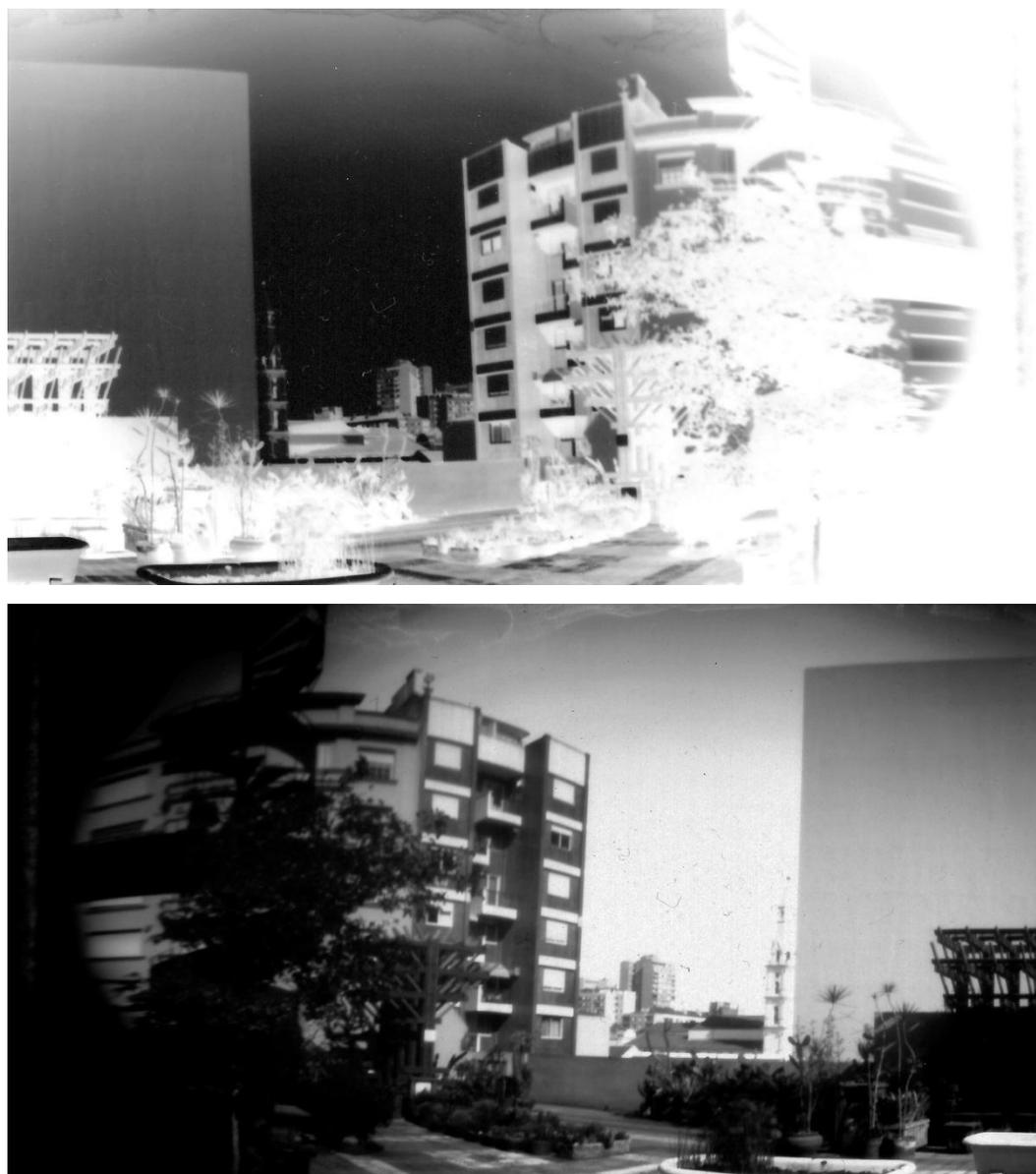


Fig. 6.10: negativo (acima) e positivo (abaixo) obtidos pelo terceiro grupo da turma experimental a partir da câmera “pinhole” durante a terceira rodada de fotografias.

Memorando 20E: aula marcada pela saída de campo à Casa de Cultura Mario Quintana, onde houve o uso das câmaras “pinhole”. Alguns estudantes se sentiram mais a vontade no ambiente, tornando-se proativos durante os procedimentos necessários para a fotografia, contudo outros se tornaram mais receosos, embora fossem a minoria. Essas diferentes perspectivas dos estudantes mostram diferentes interesses, mas, sem dúvida, a atividade foi diferenciada e de grande interação social.

DIA 22 – 10/07/2013

Aula 20 – Turma de Controle

Realização do pós-teste e preenchimento do questionário opinativo a respeito das aulas de Óptica.

DIA 23 – 12/07/2013

Aula 21 – Turma Experimental

No início da aula houve a realização do pós-teste e preenchimento do questionário opinativo a respeito das aulas de Óptica, o que levou pouco mais de vinte minutos. Na segunda metade os estudantes puderam rever os resultados das fotos tiradas com a *pinhole*, assim como um positivo da mesma, que ainda não haviam visualizado. Todos receberam uma cópia do positivo e do negativo por e-mail. Os negativos originais foram devolvidos aos respectivos grupos.

Assim, encerrou-se o período de realização do Estudo Complementar desta pesquisa.

6.3 ANÁLISE QUALITATIVA DO ESTUDO COMPLEMENTAR

Um dos objetivos do presente Estudo Complementar consiste em subsidiar eventuais conclusões provenientes do Estudo Preliminar, porém considera suscetível a ocorrência de novos achados. Devido tais características, as decorrentes análises qualitativa (seção atual) e quantitativa (seção 6.4) ocorrerão de maneira similar ao desenvolvido ao longo do Capítulo 5.

Para este estudo, houve a utilização de um ambiente distinto do primeiro. Essa diferenciação não se percebe unicamente pela localização geográfica, mas de forma mais marcante pelo ambiente socioeconômico que contextualizava a escola. Enquanto no Estudo Preliminar os estudantes estavam em uma pequena escola, em um bairro considerado tranquilo de uma cidade de médio porte do Rio Grande do Sul, os alunos do Estudo Complementar estavam concentrados em um colégio e em uma cidade maior, sendo que poucos moravam próximo ao local de estudos, habitando tal clientela em pontos distintos de Porto Alegre ou mesmo em outras cidades da região metropolitana.

Essa diferença não pode ser desconsiderada, afinal, como por diferentes vezes se colocou nesta pesquisa, acredita-se, amparado pelo sociointeracionismo de Vygotsky, que o meio social exerça papel fundamental na construção dos aprendizados. Apesar de não ser o objetivo central a comparação entre os estudantes do Estudo Preliminar com os do Estudo Complementar, mas sim entre alunos da turma experimental e da turma de controle para cada estudo, tal variável pode ter importância para uma compilação das inferências que, se espera, surjam da análise dos dados do Estudo Complementar. Dessa maneira, tal aporte será retomado durante o Capítulo 7, havendo, a partir deste ponto até o final do presente Capítulo, a discussão dos eventos somente relacionados ao Estudo Complementar.

Das dez turmas de segundo ano que existiam no turno da manhã em 2013 no colégio onde houve o Estudo Complementar, somente três (sob o mesmo professor) estudaram formalmente a Óptica, duas das quais participaram desta pesquisa. Mesmo configurando uma exemplificação, em muitas escolas públicas sucede situação parecida, na qual a abordagem da Óptica, quando ocorre, se dá apenas ao final do ano letivo, quando os ânimos de discentes e docentes estão reduzidos, incentivando a recorrência aos meios tradicionais de ensino.

Conforme enfatizado inúmeras vezes, o estudo da Óptica está fortemente relacionado ao cotidiano estudantil, fator que deveria favorecer seu ensino, além de, como discutido, ser uma área que facilita a agregação de tópicos referentes à FMC, sendo a Óptica, atualmente e ao longo de sua história, uma área que contribuiu para o desenvolvimento de diferentes ciências naturais, como Astronomia, Biologia, Química, Geologia e a própria Física.

E qual poderia ser a motivação de um estudante do ensino médio para estudar Óptica? Os jovens que compuseram o público-alvo do Estudo Complementar, por estarem habituados ao contexto urbanizado, possuíam diversos interesses alheios à escola. Muitos estudantes encaravam longos percursos de ônibus, e outros seguiam do turno de estudo para outro de trabalho ou estágio. Essa preocupação com as obrigações sociais, como a inserção no mercado de trabalho ou a disputa por vagas no ensino superior, emerge o uso de diferentes estratégias de ensino, haja vista que, com um sem número de interesses externos aos muros da escola, nenhum estudante gostaria de permanecer estagnado ao ensino tradicional, sobretudo em uma sociedade que considera válido somente o conhecimento com aplicabilidade imediata e direta.

Desse modo, acreditava-se que o emprego de apresentações de *slides* suscitaria maior interesse por parte desse alunado. Estudantes apontavam certa predileção pelo uso das

apresentações, contudo o mesmo não era observado durante todas as aulas, das quais algumas despertavam certa sonolência. O que costumava acarretar entusiasmo eram os momentos mais dinâmicos, fosse com demonstrações experimentais, onde essa animação se tornava mais acentuada, o que se observou em ambas as turmas, ou com o debate de ideais centrais, o que ocorreu com mais força na turma experimental.

Novamente, pensa-se que o incentivo a uma ambientação propensa à discussão favoreceu a aprendizagem na turma experimental, mesmo naquelas aulas consideradas tradicionais. Para a resolução de exercícios, por vezes os estudantes comentaram algo referente a outros assuntos distintos da Óptica (*e.g. Dia 06, Aula 06*) ou mesmo questionaram a validade de certos problemas (*e.g. Dia 12, Aula 12*). Ocasões similares pouco foram observadas com a turma de controle, havendo preocupação maior com os meandros ou resultados dos exercícios, ação inerente à perspectiva comportamentalista, a qual alude ao ensino tradicional (*e.g. Dia 09, Aulas 06 e 07*).

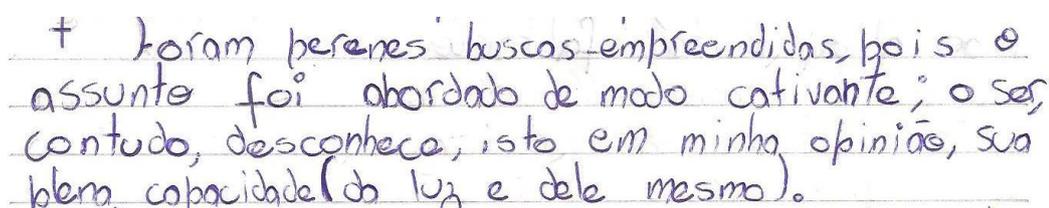
A diferença em favor de atitudes proativas entre os estudantes da turma experimental está relacionada, sustenta-se, ao emprego de narrativas históricas. Obviamente, nem todos os estudantes dessa turma tornaram-se ávidos debatedores da evolução da ciência, assim como os alunos da turma de controle não desenvolveram abjetamente uma ojeriza à Física. Esses ganhos são sutis, porém válidos, na medida em que provocam uma sensação de conforto convidativa aos novos ensinamentos, como proposto por Ausubel.

Acredita-se que tal benefício provenha do incentivo à desconstrução da imagem da ciência enquanto resultado do esforço de raras e brilhantes mentes, através da exaltação do caráter coletivo e labiríntico da evolução das ideias, no caso, do conceito de luz. Essa vantagem não vem diretamente do uso de projetores *datashow* ou demonstrações experimentais. Certamente, tais metodologias possibilitam um ambiente mais propício à aprendizagem, o que potencializa um almejado sucesso das abordagens históricas. Entretanto, é importante ressaltar que a História da Ciência em si perpassa qualquer metodologia (DUSCHL, 1995, *apud* GATTI, NARDI e SILVA, 2004), podendo ser igualmente eficaz através da leitura de livros ou mesmo pelo uso do quadro de giz, desde que tais recursos consigam promover a aptidão do alunado, o que não foi estudado por esta pesquisa.

Analogamente ao que ocorreu no Estudo Preliminar, no Estudo Complementar os estudantes da turma experimental também desenvolveram textos mobilizados pelo tratamento

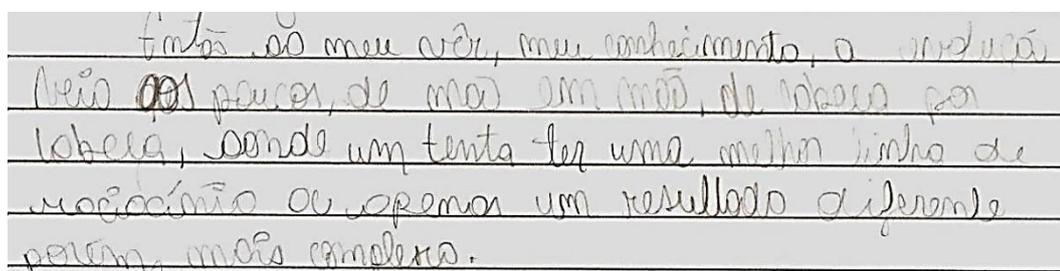
histórico, nos quais expressaram suas interpretações sobre os processos que envolveram a evolução do conceito de luz, que terão alguns fragmentos apresentados, por irem ao encontro do que se pretende argumentar ao longo da presente análise. Mais uma vez, o mesmo não foi tomado com a turma de controle, pois a abordagem histórica era um dos diferenciais da estratégia aplicada à turma experimental.

De modo geral, houve o destaque para o papel dos cientistas, de suas ideias ou dos experimentos empregados. Os estudantes reconheceram que o desenvolvimento da Óptica, com ênfase na transformação histórica da natureza da luz, partiu do esforço de diferentes pesquisadores em contextos distintos (figuras 6.11, 6.12 e 6.13).



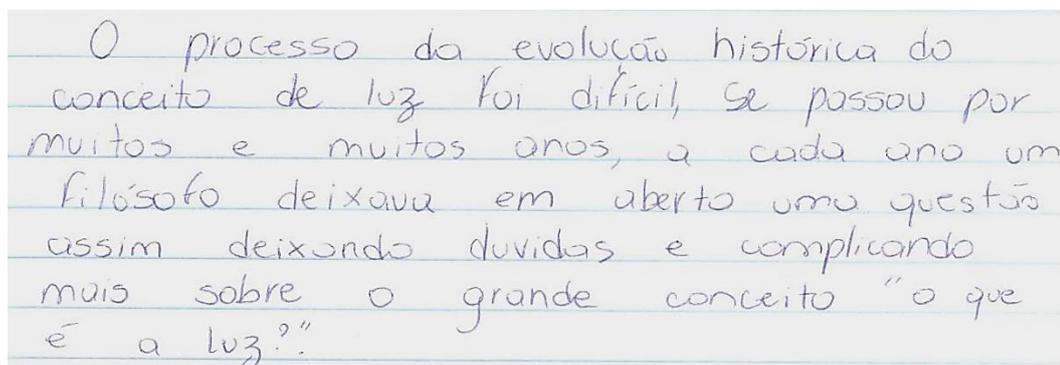
+ foram perenes buscas empreendidas, pois o assunto foi abordado de modo cativante; o ser, contudo, desconheça, isto em minha opinião, sua plena capacidade (da luz e dele mesmo).

Fig. 6.11: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 01.



Então ao meu ver, meu conhecimento, a evolução veio das pausas, de mão em mão, de ideias por labrega, onde um tenta fazer uma melhor linha de raciocínio de apenas um resultado diferente porém, mais complexo.

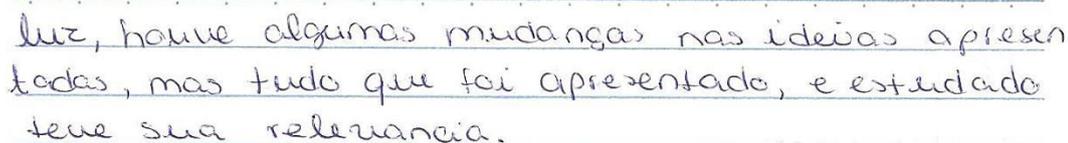
Fig. 6.12: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 02.



O processo da evolução histórica do conceito de luz foi difícil, se passou por muitos e muitos anos, a cada ano um filósofo deixava em aberto uma questão assim deixando dúvidas e complicando mais sobre o grande conceito "o que é a luz?"

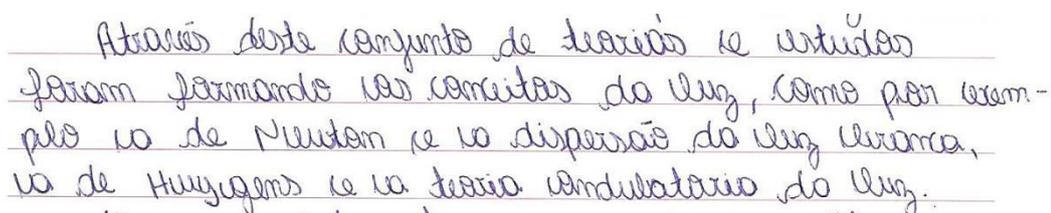
Fig. 6.13: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 03.

Essa coletividade indicada pelos estudantes também fomenta a ideia de provisoriedade dos conceitos, igualmente mencionada (figuras 6.14 e 6.15), ou seja, houve o entendimento de que, mesmo que os conceitos sejam construídos, os mesmos não são obrigatoriamente fixos, havendo modificações em determinados episódios.



Luz, houve algumas mudanças nas ideias apresentadas, mas tudo que foi apresentado, e estudado, teve sua relevância.

Fig. 6.14: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 04.



Através deste conjunto de discussões e atividades foram formando os conceitos de luz, como por exemplo a de Newton e a dispersão da luz branca, a de Huygens e a teoria ondulatória da luz.

Fig. 6.15: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 05.

As considerações apresentadas até agora ultrapassaram a narrativa histórica. Os estudantes, possivelmente, não se ativeram à linha do tempo traçada, apropriando-se do nome de cada pesquisador ou das principais ideias e fenômenos enfocados, porém conseguiram captar a essência das narrativas tomadas. Este tipo de reflexão, próprio da Epistemologia, possivelmente não seria realizado caso não houvesse a provocação do docente e a lacuna deixada para as discussões. Há, então, um reforço da importância do professor enquanto mediador entre os conhecimentos, os estudantes e o material instrucional preparado, havendo, conseqüentemente, a necessidade desse espaço de interlocução por parte dos discentes.

Mais uma vez, defende-se que a abordagem histórica também provoca essa ponderação e reflexão filosófica, reiterando a relação de interdependência entre História e Epistemologia. No caso apresentado, tem-se a evolução do conceito de luz enquanto representação. Na figura 6.16, temos uma colocação de uma estudante que expõe como um questionamento aparentemente abrangente e persistente, que desencadeou esse processo de construção da Óptica.

E a única pergunta que movia todas estas tentativas de explicações da natureza da luz, era; O QUE É A LUZ?

Antigamente, apenas eram apresentadas "teorias" sobre a luz vindas de filósofos, foi neste momento que cientistas, após estudos sobre refração, começaram a também questionar e tentar explicar de onde a luz vinha, o que ela era, por que refração e luz estava interligadas.

Fig. 6.16: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 06.

Evidentemente, “o que é a luz?” não foi a única pergunta que guiou o avanço da Óptica, haja vista o desenvolvimento da Óptica Geométrica, área onde qualquer discussão sobre a natureza luminífera se torna desnecessária. Contudo, foi essa pergunta que uniu essa mesma Óptica Geométrica à Óptica Física, e que depois foi central para a criação da Óptica Quântica.

Tal questionamento também mediou aquele que talvez seja o mais relevante debate dentro da área da Óptica, estabelecido entre o confronto das teorias de Newton e Huygens, episódio marcado pela supremacia das ideias de Newton em detrimento ao seu “rival” quase que exclusivamente devido ao seu *status* perante a comunidade científica (figura 6.17), de acordo com a postura epistemológica de Feyerabend, já que ambos os conjuntos de conhecimentos eram, até então, adequadamente explicados por meio de bases conceituais e experimentais.

A procura pela exatidão do conceito de luz foi muito demorada e, por boa parte do tempo dada como desvendada por Newton, que na época era visto como “o grande” físico e isso acabou influenciando bastante na teoria da luz.

Fig. 6.17: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 07.

Essa posição filosófica foi explorada na argumentação de uma aluna (figuras 6.18(a), 6.18(b) e 6.18(c)), transcritas a seguir:

“Mas por fim, o primeiro fim dessa enrolação, Newton apresentou seu estudo que diz “a luz é feita de partículas que formam a luz branca” e então, (...)”

“(...) apenas aí, pela sua fama, é aceito que a luz é formada por partículas, e tantos estudos baseados nisso não foram aceitos devidamente”.

“Foi apenas definido, não CONCLUÍDO. Pois sim, os estudos dos filósofos, matemáticos, físicos, cientistas e qualquer outro que se meteu na questão, não se conclui, apenas é definido e aceitado até hoje”.

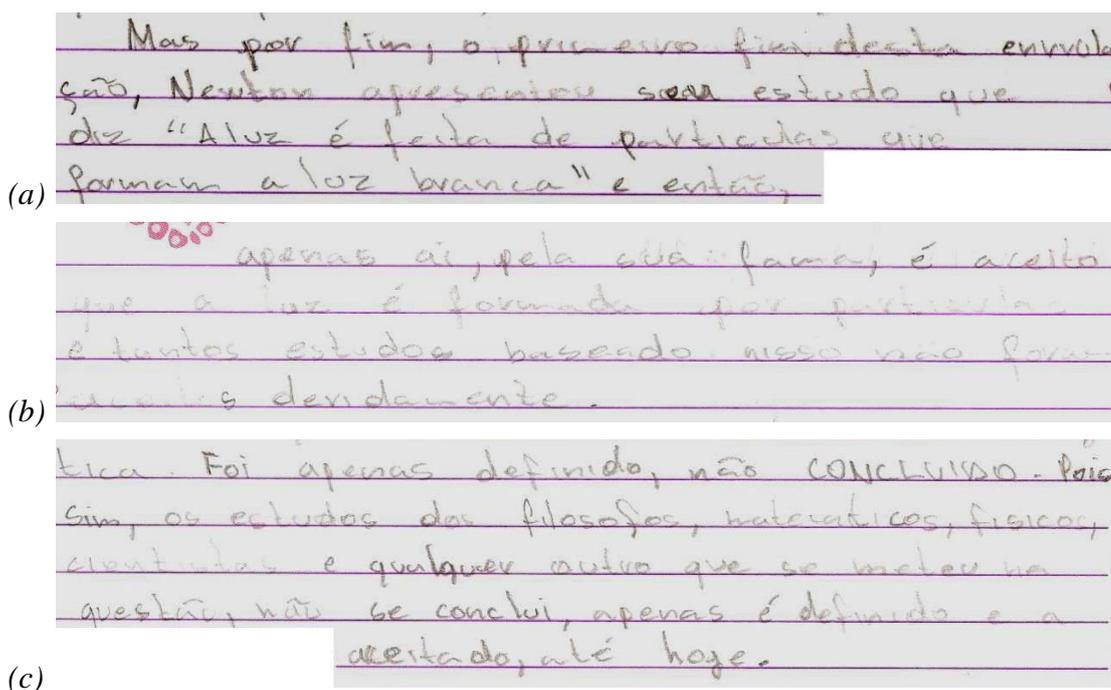


Fig. 6.18(a), 6.18(b) e 6.18(c): fragmentos do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 08.

Os dois primeiros fragmentos por si só demonstram determinada indignação da estudante, aparentemente pela defesa de qualidades meramente humanas na evolução da ciência, como a opinião, o prestígio ou a propaganda. Porém, o trecho com maior destaque certamente é o terceiro. É possível notar o desconforto da mesma ao grafar em letras maiúsculas a palavra “concluído”. Acredita-se que a demonstração da história da luz tomada

não esteve em consonância com sua crença epistemológica, porém é também importante notar que a aluna não tomou um comportamento de indução, ao estender um caso específico como um conjunto universal, ao fomentar o conjunto de estudiosos que se ocuparam da “questão”, ou seja, especificamente para a construção de um conceito para a luz. Não é possível determinar se a mesma teve suas concepções alteradas, o que seria por demais pretencioso, todavia é inegável que o convite para a reflexão foi atendido.

Outra situação que confrontou o senso comum foi o estabelecimento da dualidade onda-partícula (figuras 6.19 e 6.20). A tentativa de estabelecer um vínculo entre seu processo de construção histórica com sua apresentação enquanto conceito científico pode apresentar esta dificuldade, contudo o emprego das narrativas também alicerça esse mesmo processo. Apesar da sensação de desequilíbrio inicial, a qual se espera pertencer à zona de desenvolvimento proximal dos estudantes, são fornecidos sustentáculos para apoiar os novos subsunções que se pretende construir.

um caráter corpuscular p/ a luz. Desta forma ela não é apenas uma onda ou uma partícula e sim uma dualidade onda-partícula pois apresentava os dois comportamentos, no entanto ela manifesta apenas um “lado” de cada vez.

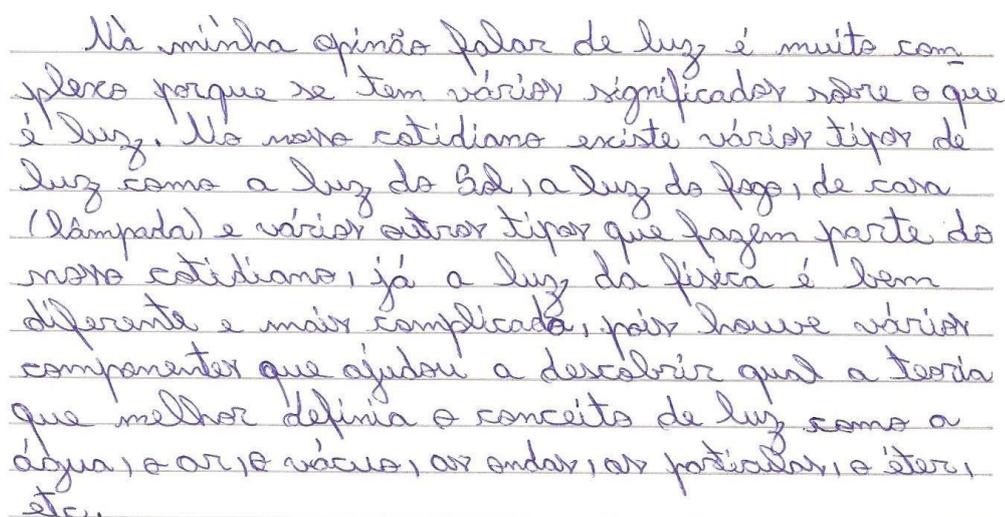
Fig. 6.19: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 04.

A teoria de Planck explicaria e encaixaria com a teoria de Hertz, sendo assim, a luz uma onda emitida em “pacotes”. Com tudo, Albert Einstein, ao perceber que uma onda eletromagnética não poderia ficar “presa” em uma superfície metálica, elaborou uma hipótese, a mais, para o conceito de luz. A partir deste instante, a luz passou a ser um conjunto de partículas pois assim o fóton penetraria a superfície metálica, transferiria sua energia para um íon do etônio e se este fosse suficiente, ele ejetaria.

Assim sendo, a luz é uma onda-partícula e só pode apresentar um comportamento por vez.

Fig. 6.20: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 09.

Como se desejava, fatores do cotidiano dos estudantes também surgiram durante as discussões, principalmente para as primeiras formalizações tomadas para o conceito de luz, os quais foram provocados pelo pesquisador, mas igualmente trazido pelos estudantes (figura 6.21). Acredita-se que essa relação com o dia a dia, além de ser um requisito para a aprendizagem, conforme Vygotsky, também se constitui em importante elemento para a aquisição da aprendizagem significativa concebida por Ausubel, algo tão ambicionado no ensino de Física.



Na minha opinião falar de luz é muito complexo porque se tem vários significados sobre o que é luz. No nosso cotidiano existe vários tipos de luz como a luz do Sol, a luz do fogo, de casa (lâmpada) e vários outros tipos que fazem parte do nosso cotidiano, já a luz da física é bem diferente e mais complicada, pois houve vários componentes que ajudou a descobrir qual a teoria que melhor definia o conceito de luz como a água, o ar, o vácuo, os ondas, as partículas, o éter, etc.

Fig. 6.21: fragmento do depoimento de estudante da turma experimental – Estudante 10.

A forma de ensino que se objetivou empregar funcionou como um contraponto à metodologia tradicional, que ainda carrega acentuados traços behaviorista, à medida que questiona se o objetivo da escola estaria em permitir ao estudante apenas completar uma tarefa determinada ou dotá-lo de senso crítico para escolher quais saberes deseja aprender dentre os que lhes são apresentados. Certamente não se constituiu um processo de ensino humanista, uma vez que não esteve a cargo dos estudantes optarem pelo estudo da Óptica ou de seus tópicos, entretanto, lhes foi permitido e incentivado expressar suas opiniões indiscriminadamente, buscando aproximar suas concepções das crenças defendidas durante a fundamentação teórico-epistemológica desta pesquisa de mestrado (figura 6.22), as quais, entende-se, podem fomentar uma relação saudável entre visões de mundo distintas e aqueles conhecimentos presentemente considerados como adequados ou aceitos pela comunidade científica.

A Luz

Por todo o período de estudo que tivemos, cheguei a conclusão que a luz é um dos fatores mais estudados pelos físicos, um estudo antigo e que já teve várias e diversas teorias aprofundadas para explicar melhor o que realmente é a luz, e como ela ocorre.

Vários físicos que estudaram o assunto tiveram teorias que eram "pensamentos" que não eram devidamente cientificamente ou "fisicamente", sendo assim era mais fácil para todos acreditarem na verdade "dita" dos físicos mais renomados como Newton e Einstein.

De todas possibilidades de ocorrer o fenômeno da luz, duas possibilidades foram surgidas as correntes, nas quais era dito que a luz era formada por ondas e partículas.

No final, assim foi acertado por todos, a luz tinha 2 processos para ocorrer, e claro, que teve a resposta "certa" foram os físicos mais "vistos" com mais chances de ter a certeza daquilo que foi dito.

Fig. 6.22: texto de estudante da turma experimental – Estudante 11.

O emprego da fotografia igualmente ocorreu no Estudo Complementar para a turma experimental. O objetivo estava em explorar de modo prático alguns conhecimentos tratados durante as aulas, contextualizando o ensino de Óptica, além de buscar a valorização do cotidiano do alunado.

Novamente, durante a construção das câmeras fotográficas a partir das latas os alunos responderam a algumas perguntas (Apêndice I) por escrito, sendo duas delas, que manifestam opiniões dos grupos em relação à fotografia estenoica discutidas a seguir.

Uma das questões (figura 6.23) levantava a relevância que a câmera *pinhole* pode ter atualmente. Os estudantes apontaram sua importância histórica, descrevendo que sua compreensão foi necessária para o desenvolvimento dos equipamentos fotográficos contemporâneos, bem como seu uso para as artes.

6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual?

Sem a qual, elas todas não teriam as câmeras fotográficas cegas.

6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual?

Não tem muita relevância a não ser para pessoas interessadas por fotografias ou artistas de Vanguarda.

6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual?

Hoje em dia não é tão importante, por já haver novas tecnologias. Mas para algumas pessoas ainda é importante para estudos e para experiências.

6. Hoje a relevância da câmera é histórica e como objeto de estudo, por ser a pioneira. Foi alguma "invenção" parecida com esta, com uma mesma lógica mais precisamente que deu início à tamanha tecnologia fotográfica.

Fig. 6.23: respostas fornecidas por grupos de estudantes da turma experimental para a pergunta 6 do questionário sobre construção da câmera do tipo "pinhole".

Para a pergunta número 7 (figura 6.24), que integra o mesmo instrumento, questionava-se qual o significado que tal atividade tem para as aulas de Física. Os grupos entenderam que a mesma compõe uma maneira prática, como um experimento, capaz de auxiliar na compreensão da matéria de estudo, além de descrever, de forma sucinta, o funcionamento de uma câmera fotográfica.

7) Vocês acreditam que a realização desta atividade é importante para as aulas de Física? Justifiquem sua resposta.

Sim, pois nos mostra, ao menos nos mostra, em prática os efeitos da luz de forma interessante.

7) Vocês acreditam que a realização desta atividade é importante para as aulas de Física? Justifiquem sua resposta.

Sim, pois ajuda no entendimento de matérias.

7) Vocês acreditam que a realização desta atividade é importante para as aulas de Física? Justifiquem sua resposta.

Sim. Pois hoje em dia, vivemos em um mundo de máquinas usando todos os dias querendo ou não, utilização esta que já viveu a máquina. E quando por cima, que muitos não sabem a origem. Nós mesmos não sabemos sobre a câmera escura, e aprendemos a fazer-la e como funciona, passo a passo, coisas que nenhuma outra matéria não aprenderia.

7. Com certeza, ela é a prova de que física de uma forma é exata, melhor dizendo nesse estudo sobre óptica é exata, pois comprovamos cada estudo. Isso que é o bacana, a experiência ajuda muito na teoria, explica e exemplifica.

Fig. 6.24: respostas fornecidas por grupos de estudantes da turma experimental para a pergunta 7 do questionário sobre construção da câmera do tipo “pinhole”.

Dessa vez, como os estudantes, em sua plena maioria, não moram próximo à escola, como ocorreu no Estudo Preliminar, optou-se por realizar atividade do uso da *pinhole* na Casa de Cultura Mario Quintana (CCMQ), o que configurou uma maneira de valorização do patrimônio histórico e cultural do município, sendo que alguns estudantes ainda não conheciam o local, uma vez mais destacando a importância da integração social.

O uso do Laboratório de Fotografia da CCMQ, devido ao desprendimento do fotógrafo responsável pelo local, foi de suma importância para que os estudantes participassem da totalidade dos processos de obtenção, revelação e fixação das fotografias (oportunidade que não foi possível disponibilizar aos estudantes do Estudo Preliminar, conforme relatado no Capítulo 5). Conforme se percebeu nos relatos de campo (e.g. *Dia 21, Aula 20*), muitos estudantes valorizaram a oportunidade, não só cumprindo as tarefas que lhes eram solicitadas, as quais também lhes agradavam, mas também tomando perguntas sobre fotografia ou mesmo a respeito do funcionamento do local. Entretanto, também houve aqueles que não se sentiram a vontade no ambiente, talvez por não compreenderem a fotografia estenopeica como elemento de seu *zeitgeist*.

Cabe reforçar que a atividade de escrita e o emprego da fotografia não foram tomados com a turma de controle, cujas atividades estiveram limitadas às paredes da sala de aula, buscando emular as condições que caracterizam uma situação tradicional de ensino de Física. Entretanto, é possível traçar alguns paralelos entre os momentos de reflexão para ambas as turmas por meio da leitura das respostas do questionário opinativo fornecidas juntamente ao pós-teste, conforme discutido na seção que se segue.

6.4 ANÁLISE QUANTITATIVA DO ESTUDO COMPLEMENTAR

A exemplo do que ocorreu no Estudo Preliminar, os registros provenientes dos testes e do questionário opinativo compuseram a base de dados empregada na análise quantitativa do Estudo Complementar.

O intervalo entre a realização do pré-teste e do pós-teste foi de aproximadamente três meses, um a mais em relação ao estudo anterior, para o qual também se adotou o mesmo instrumento de medida, dada sua validação por especialista, como já mencionado. Contudo, de maneira similar, a sujeição a testes de fidedignidade tornou a fornecer resultados não significativos, assim reitera-se que o mesmo não seja adotado por futuros pesquisadores.

As tabelas 6.1 e 6.2 apresentam os escores obtidos para as turmas de controle e experimental, respectivamente, para o pré-teste:

Tab. 6.1: escores e transformações do pré-teste obtidos pela turma de controle.

Pré-Teste: Turma de Controle											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01C	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	7
02C	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
03C	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	4
04C	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	4
05C	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	4
06C	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	5
07C	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
08C	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	4
09C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
10C	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
11C	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	6
12C	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	7
13C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2

14C	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
15C	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	4
16C	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	5
17C	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
18C	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
19C	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
20C	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
21C	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
22C	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4
23C	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	4
24C	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
25C	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
26C	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	5
27C	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	4
28C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
29C	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	3
30C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
31C	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
32C	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
33C	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4
34C	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3
35C	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4
Moda: 4						Mediana: 4					
Média Aritmética: 3,657						Desvio Padrão: 1,282					

Tab. 6.2: escores e transformações do pré-teste obtidos pela turma experimental.

Pré-Teste: Turma Experimental											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01E	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
02E	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
03E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04E	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	5
05E	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
06E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
07E	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
08E	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3
09E	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
10E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11E	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
12E	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	4
13E	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4
14E	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	4
15E	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3
16E	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
17E	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
18E	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	4
19E	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	6
20E	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3
Moda: 3						Mediana: 3					
Média Aritmética: 3,050						Desvio Padrão: 1,394					

Conforme apontado durante a introdução do presente Capítulo, a turma experimental obteve desempenho inicial pior em relação à turma de controle, com média pouco superior a 3 pontos, contra 3,65 do segundo grupo, na escala entre 0 e 10 pontos. Mais uma vez, observou-se uma *performance* acanhada no pré-teste, como acontecido no Estudo Preliminar, em virtude da inexistência de um contato formal anterior com a Óptica para ambas as turmas.

A moda, comportamento que mais se repete nos escores, e a mediana, ponto entre 50% das notas inferiores e 50% das notas superiores, tiveram valores iguais 3 para turma experimental, semelhante a sua média aritmética. Já a turma de controle conquistou moda e mediana iguais a 4, o que evidencia desempenho superior à turma experimental, conforme contrasta a figura 6.25, embora se deva recordar que a turma de controle era mais numerosa.

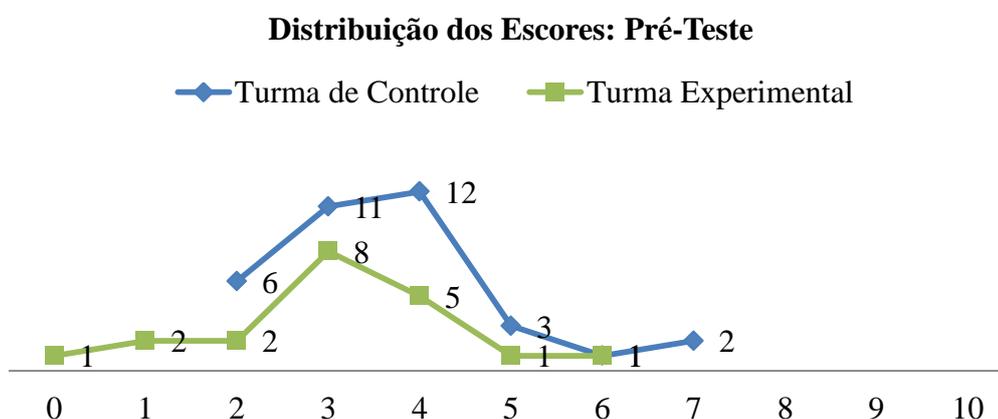


Fig. 6.25: distribuição dos escores do pré-teste para a turma de controle e para a turma experimental.

As tabelas 6.3 e 6.4 trazem os escores provenientes do pós-teste:

Tab. 6.3: escores e transformações do pós-teste obtido pela turma de controle.

Pós-Teste: Turma de Controle											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01C	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
03C	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	8
04C	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
05C	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	5
06C	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
08C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	4
10C	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
12C	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	6
13C	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
14C	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	4

16C	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	6
17C	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	5
20C	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	5
21C	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	7
22C	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
23C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
24C	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	6
26C	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
27C	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	7
28C	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	5
29C	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	7
31C	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
34C	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	5
36C	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	5
Moda: 5						Mediana: 5					
Média Aritmética: 5,250						Desvio Padrão: 2,151					

Tab. 6.4: *escores e transformações do pós-teste obtido pela turma experimental.*

Pós-Teste: Turma Experimental											
Aluno	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Total
01E	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	6
05E	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	5
06E	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	6
07E	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	4
09E	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	6
10E	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3
11E	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	4
12E	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	8
13E	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3
14E	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	6
15E	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	5
16E	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
17E	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	5
18E	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
20E	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	7
21E	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Moda: 6						Mediana: 5,5					
Média Aritmética: 5,313						Desvio Padrão: 1,851					

O número de respondentes do pós-teste, tanto na turma de controle quanto na experimental, foi menor que no pré-teste, o que se justifica pela data de realização dessa averiguação, às vésperas das férias de julho, o que certamente influenciou nas avaliações.

Ambas as turmas tiveram médias finais aproximadas, em torno de 5,3. Contudo, dado o pior desempenho da turma experimental durante o pré-teste, tem-se um ganho percentual

superior em relação à turma de controle. Os ganhos para cada turma foram análogos aos alcançados no Estudo Preliminar, o que se pode inferir comparando-se as tabelas 5.5 e 6.5.

Tab. 6.5: média aritmética das turmas de controle e experimental para os testes.

	Média: Pré-Teste	Média: Pós-Teste	Ganho (%)
Turma de Controle	3,657	5,250	43,56
Turma Experimental	3,050	5,313	74,19

A moda e a mediana também apresentaram um acréscimo em relação ao pré-teste, entretanto, os resultados observados para a turma experimental são mais expressivos. O desvio padrão do pós-teste registrado para a turma experimental foi menor que o da turma de controle, havendo, portanto, menor distribuição de resultados.

Tab. 6.6: a moda, a mediana e o desvio padrão obtidos para o pré-teste e pós-teste.

		Moda	Mediana	Desvio Padrão
Turma de Controle:	Pré-Teste	4	4	1,282
	Pós-Teste	5	5	2,151
Turma Experimental:	Pré-Teste	3	3	1,394
	Pós-Teste	6	5,5	1,851

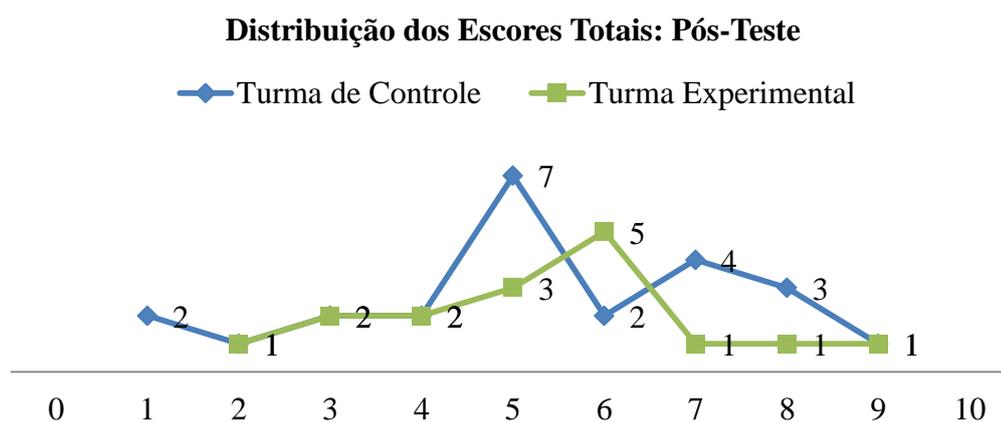


Fig. 6.26: distribuição dos escores do pós-teste para a turma de controle e para a turma experimental.

Os picos para cada turma na figura 6.26 estão próximos às médias obtidas. No entanto, dado o maior número de respondentes para o pós-teste na turma de controle (24) em comparação com a turma experimental (16), tem-se que 29,16% dos estudantes da turma de

controle obtiveram nota 5 para o pós-teste, sendo que 31,25% dos alunos da turma experimental conseguiram 6 pontos para a mesma avaliação. Por sua vez, as figuras 6.27 e 6.28 evidenciam a evolução de cada turma quando se compara os escores do pré-teste e do pós-teste. Assim, é primordial destacar a maior evolução da turma experimental.

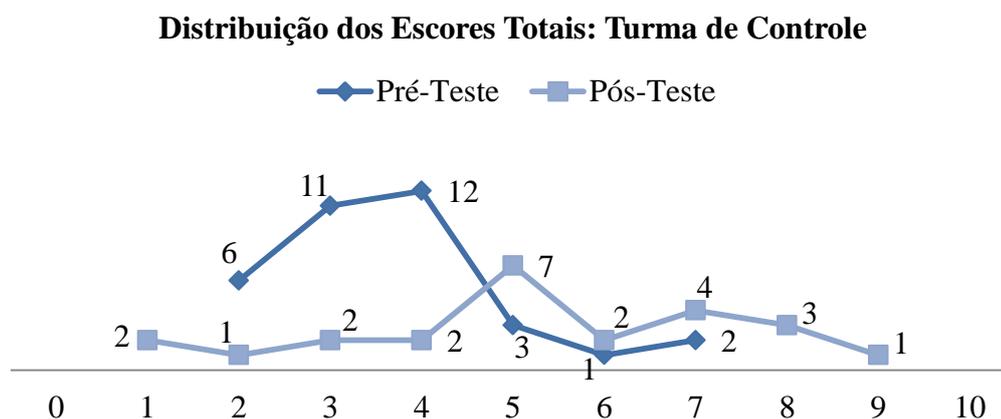


Fig. 6.27: distribuição dos escores da turma de controle para o pré-teste e o pós-teste.

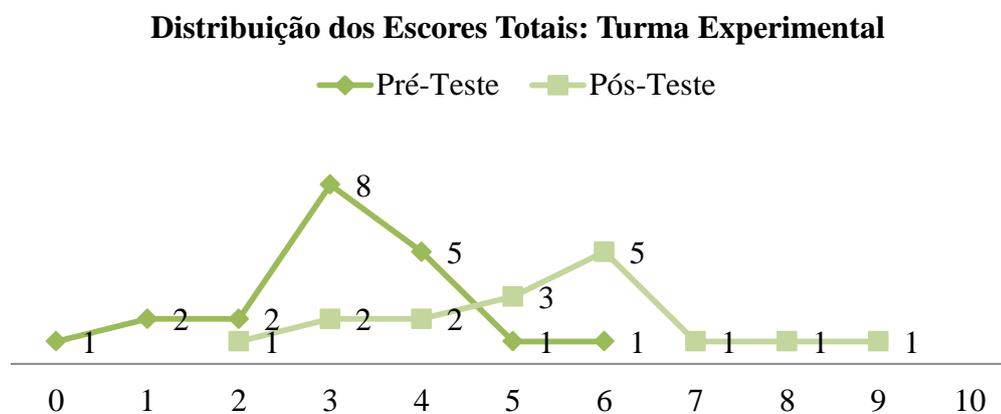


Fig. 6.28: distribuição dos escores da turma experimental para o pré-teste e o pós-teste.

Os intervalos de confiança para o pós-teste estão constituídos entre 4,40 e 6,22 para a turma experimental e 4,32 e 6,17 para turma de controle, o que não performa uma diferença expressiva. Já a submissão das transformações estatísticas ao teste *T de Student* produziu resultados iguais a -4,062 para a turma experimental e -3,494, o que assegurou significância estatística ao nível de 0,005 para ambas as avaliações, indicando que o tratamento prestado em cada turma possui responsabilidade pela alteração de seus desempenhos, como se queria alcançar.

A fim de averiguar os achados provenientes da análise da *questão 4* do teste oriundos do Estudo Preliminar, também optou-se por esse procedimento para o Estudo Complementar.

Como anteriormente, nenhum estudante da turma experimental denunciou conhecer o conceito de dualidade onda-partícula, haja vista que todas as respostas fornecidas por tais discentes foram consideradas insatisfatórias para o pré-teste. Já para a turma de controle, somente um aluno (3%) apontou ser a luz constituída por ondas eletromagnéticas.

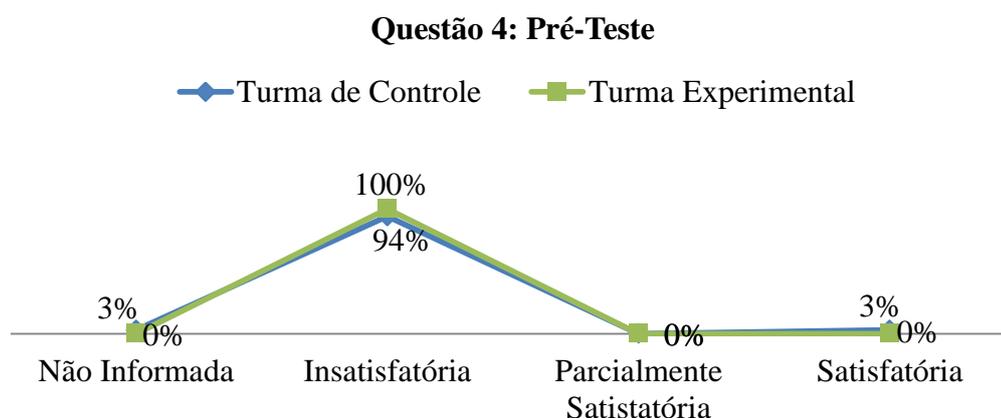


Fig. 6.29: respostas fornecidas para a questão 4 do pré-teste entre turma de controle e turma experimental.

Para a comparação da figura 6.29, optou-se por tomar uma escala percentual em virtude da discrepância entre o número de estudantes da turma de controle (35) e da turma experimental (20) no pré-teste, escolha que se repete em alguns gráficos adiante. Vê-se que o comportamento das turmas foi similar, uma vez que a ausência de um contato anterior com a Óptica de maneira formal forneceu um parâmetro dentro do aguardado. Entretanto, o cenário inicial durante o início do Estudo Preliminar era diferente, com mais resultados considerados parcialmente satisfatórios para ambas as turmas, ou mesmo satisfatórios na turma de controle.

Para o pós-teste (figura 6.30), houve redução no número de estudantes participantes em cada turma, conforme mencionado anteriormente, totalizando 24 alunos respondentes para a turma de controle e 16 alunos para a turma experimental. Observa-se que 3 (12,5%) estudantes da turma de controle apontaram ser a luz composta por ondas eletromagnéticas, resposta considerada satisfatória para este grupo, enquanto 2 (12,5%) alunos da turma experimental colocaram ser a luz representada por um comportamento ambíguo, sinalizando a apropriação do termo onda-partícula, proporcionalmente idêntico à turma de controle, porém havendo uma redução significativa em relação às respostas insatisfatórias.

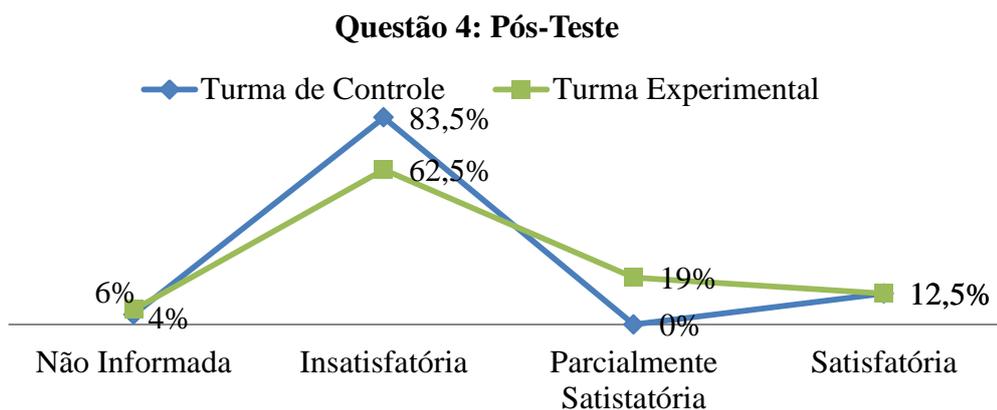


Fig. 6.30: respostas fornecidas para a questão 4 do pós-teste entre turma de controle e turma experimental.

As figuras 6.31 e 6.32 descrevem a evolução de cada turma isoladamente, para melhor averiguação:

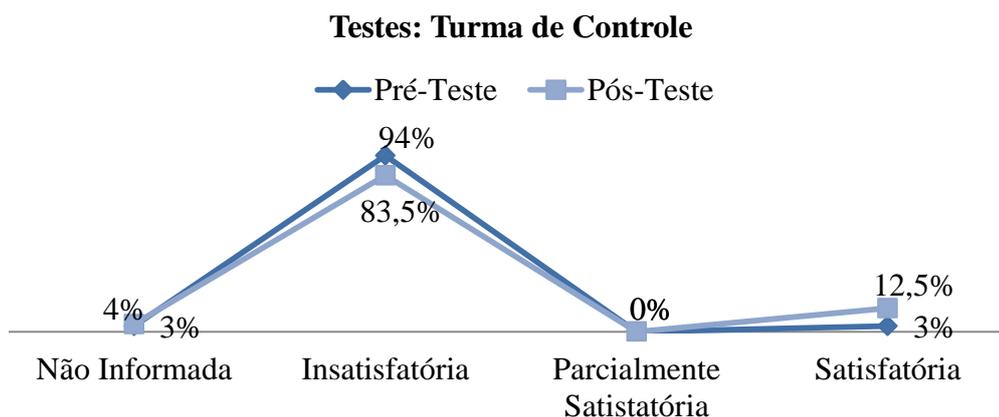


Fig. 6.31: comparação entre respostas da questão 4 da turma de controle para pré-teste e pós-teste.

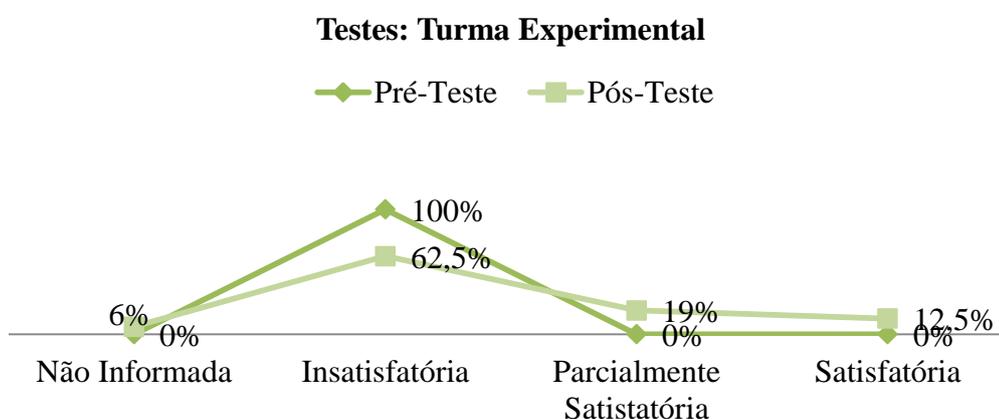


Fig. 6.32: comparação entre respostas da questão 4 da turma de controle para pré-teste e pós-teste.

A turma de controle, apesar de ligeira melhora, manteve seu padrão em relação ao pré-teste, mostrando não haver alterações expressivas em relação ao significado atribuído à luz. Apesar do desempenho não muito diferente, cabe destacar uma pequena redução do índice de respostas insatisfatórias para a turma experimental, o que contribuiu para seu progresso para a apropriação de um significado considerado adequado para a natureza da luz (figura 6.33), ainda que o nível de respostas insatisfatórias se mantivesse baixo. No Capítulo 7, contudo, será discutido que os ganhos, especialmente das turmas experimentais, não foram apenas cognitivos, mas apresentaram outras dimensões.

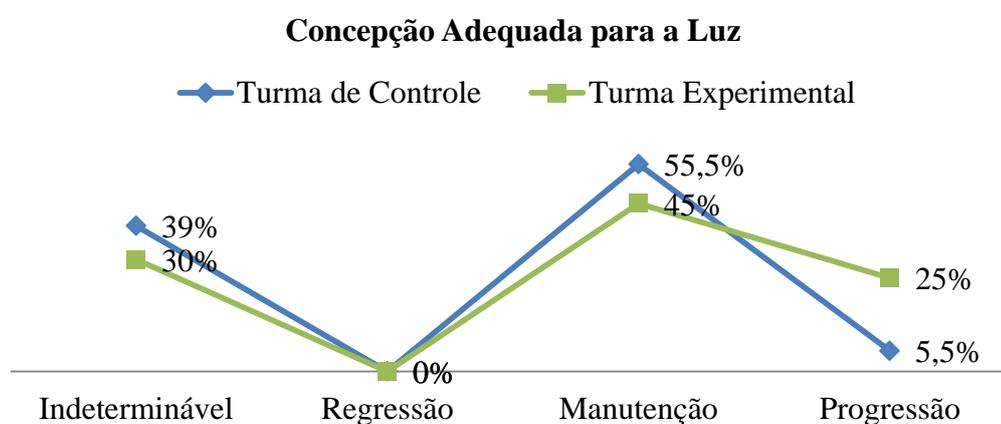


Fig. 6.33: modificação das respostas fornecidas para a questão 4 do pós-teste em relação ao pré-teste para os estudantes da turma de controle e da turma experimental.

Esse progresso para a turma experimental se deve a um decréscimo do número de respostas consideradas ingênuas fornecidas pelos estudantes: aquelas que não utilizaram como subsídio qualquer discussão tomada durante a realização do minicurso. Segundo a figura 6.34, durante o pré-teste 8 estudantes descreveram ser a luz um ente relacionado à visão, estando 13 respostas divididas entre apontar a luz como formada pelo Sol (5) ou mesmo por alguma característica (8 respostas; iluminação, brilho, claridade, dentre outros).

Para o pós-teste, houve redução das respostas menos embasadas, de 13 para 6, contudo foram poucos aqueles a descrever a luz através da dualidade onda-partícula (2). Tal constatação assinala uma evolução das concepções dos estudantes da turma experimental. Entretanto, a mesma se torna acanhada em comparação com a turma experimental do Estudo Preliminar, quando pouco mais de 52% dos estudantes informaram o comportamento dual da luz, contra 12,5% do Estudo Complementar (o que será aprofundado no Capítulo 7, como já dito).

Concepção para a Luz: Turma Experimental
Pré-Teste (aro interno) e Pós-Teste (aro externo)

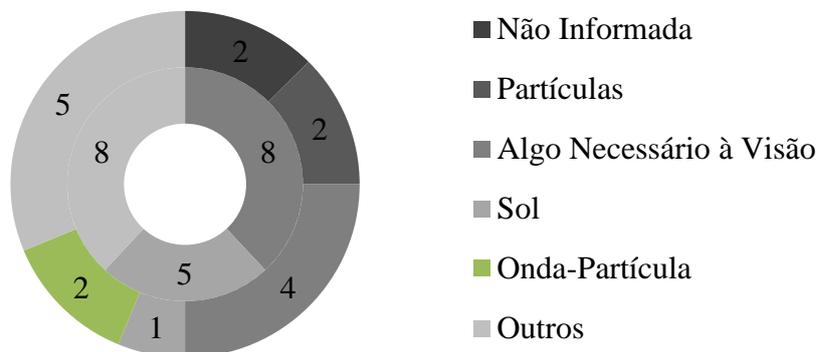


Fig. 6.34: concepções fornecidas para o conceito de luz por estudantes da turma experimental através do pré-teste e pós-teste.

A turma de controle também apresentou melhorias para o significado fornecido à luz, de acordo com a figura 6.35.

Concepção para a Luz: Turma de Controle
Pré-Teste (aro interno) e Pós-Teste (aro externo)

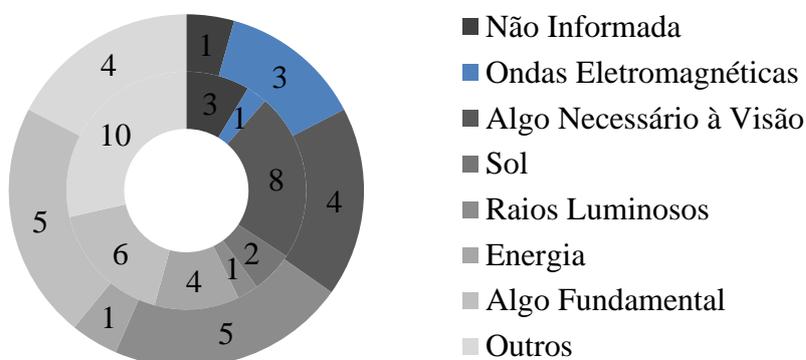


Fig. 6.35: concepções fornecidas para o conceito de luz por estudantes da turma de controle através do pré-teste e pós-teste.

Neste caso, um único estudante havia colocado que a luz era uma onda eletromagnética durante o pré-teste, quantia alterada para três no pós-teste, atingindo índice proporcionalmente igual ao da turma experimental, onde 12,5% dos alunos partícipes no pós-teste forneceram resposta satisfatória. No entanto, a maior diversidade de respostas expostas no pós-teste indica que as aulas tradicionais de Óptica não foram suficientes para desenvolver determinada criticidade sobre a natureza da luz.

Para exemplificar, cinco estudantes indicaram ser a luz “algo fundamental”, todavia sem especificar o que seria esse “algo” ou para quê ela se torna “fundamental”. Também se destaca, de maneira análoga ao Estudo Preliminar, o aumento do número de estudantes que consideraram os raios luminosos como constituintes da luz, e não como uma representação gráfica, como requer a Óptica Geométrica. Durante o pré-teste, apenas um aluno citou que a luz seria formada por raios luminosos, índice que subiu para cinco no pós-teste. Tal situação salienta a necessidade de revisitar o modo como a Óptica é lecionada durante o ensino secundário, como propõe a presente pesquisa ao adotar, como uma possibilidade, a discussão de narrativas históricas e a adoção da fotografia como elementos de contextualização.

A análise quantitativa do Estudo Complementar também se estendeu às respostas fornecidas para o questionário opinativo (Apêndice III), tomadas na ocasião do pós-teste. A primeira de cinco questões indagava sobre o entendimento do termo *óptica* e se o mesmo fora modificado para os estudantes devido suas aulas. Da totalidade de respondentes, somente um aluno da turma de controle informou não ter sua compreensão alterada, alegando saber do que a Óptica tratava. Os demais afirmaram ou não saber a que *óptica* se referia ou acreditar tratar-se somente dos estabelecimentos comerciais, sendo que todos estes disseram ter aprendido algo, tendo cerca de 35% dos discentes em cada turma citado, direta ou indiretamente, o estudo da luz.

Para a segunda pergunta, desejava-se saber se as aulas de óptica teriam aumentado, reduzido ou não alterado o interesse dos estudantes pela Física. Dos 23 estudantes da turma de controle que responderam ao questionário (um aluno o deixou em branco), 9 disseram que seu interesse se manteve igual, dos quais 6 afirmaram *não gostar de Física* e 2 por *gostarem da disciplina*. Os outros 14 indicaram um aumento de predisposição, justificado pela maioria por julgar as *aulas interessantes e/ou motivadoras* (9 respostas), não explicitando os motivos que teriam caracterizado tais aulas. Acredita-se que, mesmo se tratando da turma na qual o enfoque tradicional foi amplamente privilegiado, as poucas oportunidades nas quais houve apresentações de *slides* ou demonstrações experimentais parecem ter sido suficientes para despertar determinada motivação nesses estudantes.

Com 16 estudantes participantes no pós-teste, apenas 3 alunos da turma experimental colocaram que sua inclinação pela Física manteve-se a mesma, dos quais 2 citaram *não gostar da mesma*, o panorama nessa turma foi mais favorável. Os 13 discentes restantes apontaram que seu interesse foi elevado, justificando, em ordem de preferência, pelo *emprego das*

demonstrações experimentais e pela fotografia pinhole, pela *compreensão do conteúdo* e por uma *concepção modificada de Física* proveniente das aulas, atitudes que calham com os objetivos apresentados ao longo da presente pesquisa, como discutir os processos de construção e modificação da ciência, ilustrados por meio do estudo da evolução histórica do conceito de luz, e de sua contextualização com eventos cotidianos.

O terceiro questionamento pedia aos estudantes para destacar pontos positivos ou negativos que lhes tiveram pertinência durante o estudo da Óptica. Foram descritos 3 pontos negativos pela turma experimental, representados pelo *desinteresse de alguns estudantes* ou pelo *excesso de slides*. 14 estudantes citaram pontos positivos, sendo os mais lembrados, respectivamente, a *saída de campo e o uso das câmeras pinhole*, a *forma de ensino* e as *demonstrações experimentais*, o que reforça a ideia de que os discentes anseiam por diferentes oportunidades de aprendizado, sobretudo aquelas que os livram da situação de passividade inerente aos modos tradicionais de ensino-aprendizagem.

O mesmo foi observado para a turma de controle, onde 13 pontos positivos foram descritos, destacando-se a *forma de ensinar*, a *aprendizagem obtida* e os *experimentos* apresentados. No entanto, 10 pontos negativos foram colocados, como o *baixo nível sonoro da voz do professor*, de fato incompatível com a conversa excessiva proporcionada pela turma numerosa, a *pouca quantidade de experimentos* realizados, o que fomentou a *dificuldade dos assuntos tratados*, também trazida pelos estudantes. Como colocado, entende-se que tais pontos poderiam ser amenizados caso houvesse desapego à metodologia tradicional.

A quarta pergunta pedia para os estudantes avaliarem a atuação do professor. Os 16 respondentes da turma experimental ressaltaram que o docente auxiliou na compreensão dos tópicos tratados, o que pôde ser resumido pela *escolha e condução da metodologia*. Já para a turma de controle, 22 estudantes responderam tal questão, dos quais 21 acreditam que o professor ajudou principalmente na atenção dedicada ao *atendimento de dúvidas*, enquanto 1 resposta colocou que ajudou em parte, não justificando.

A quinta e derradeira questão interrogou se o tratamento dispensado à Física poderia ser melhorado, fazendo menção a sugestões que agregariam benefícios às aulas. Para a turma experimental, 5 estudantes alegaram que não, pois acreditam que *as aulas foram boas* da maneira conduzida. Já 11 afirmaram que sim, recomendando a manutenção de *aulas práticas e uso de experimentos*.

Dos estudantes da turma de controle, 21 responderam à última questão. Destes, 5 colocaram que não é possível melhorar as aulas de Física e 1 colocou que talvez, não havendo interesse da maioria pela disciplina. Já os outros 15 sugeriram práticas que fizeram parte do cotidiano da turma experimental, como *aulas práticas* ou com *experimentos, passeios a locais que ensinam Física e maior interatividade*. Estes são apontamentos que, sabidamente, generalizam carências comuns ao ensino de Física da maioria dos estudantes das escolas públicas brasileiras.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro Capítulo da presente pesquisa, duas questões-foco foram introduzidas, aqui lembradas:

1. *A abordagem da evolução histórica do conceito de luz, ilustrada e em conjunto com a história da fotografia, pode auxiliar estudantes a contextualizar e aprender significativamente determinados conceitos da Óptica e da Física Moderna e Contemporânea?*
2. *O emprego da fotografia no ambiente escolar, enquanto recurso didático para tópicos da Óptica e aspectos introdutórios da Física Moderna e Contemporânea, consegue agregar benefícios ao ensino de Física?*

O Capítulo atual, último desta dissertação, se ocupa em sistematizar respostas para as alegadas questões, complementando o processo descrito no Capítulo 4 para a *Teoria Fundamentada de Strauss*, a qual subsidiou a análise dos dados do Estudo Preliminar e do Estudo Complementar, bem como traçar algumas ponderações acerca das mesmas.

Antes de buscar responder aos questionamentos, cabe lembrar alguns importantes pontos desta pesquisa. Conforme frequentemente colocado (vide tabela 4.1), os dois pontos principais que distinguiram a turma experimental da turma de controle, nos dois estudos relatados e analisados, foram o uso da evolução histórica do conceito de luz e a discussão da fotografia, por sua história e pelo emprego da câmera *pinhole*, o primeiro objetivando a contextualização do ensino de Óptica (mostrando sua origem) e o segundo, por sua vez, uma aplicabilidade dos conceitos estudados (expondo uma finalidade). A escolha destes dois recursos, por si só, já implica diferenciação em relação ao modo tradicional de ensino de Física, caracterizado principalmente pelo excessivo rigor matemático, o que norteia as avaliações, havendo pouco espaço para exposições conceituais, conforme visa sintetizar a figura 7.1.

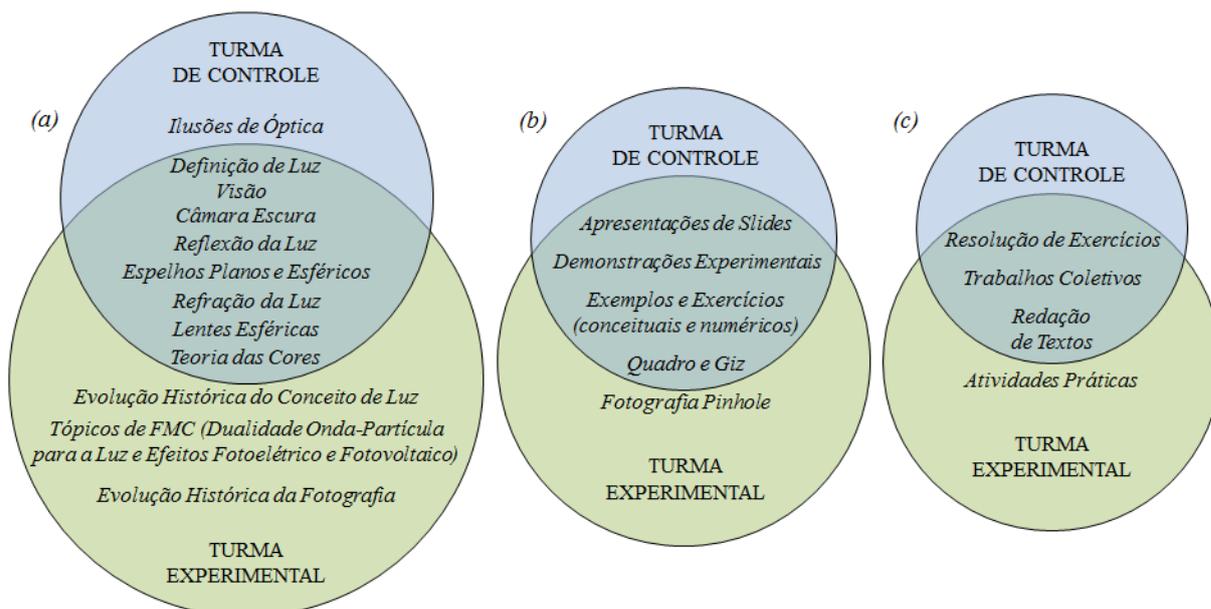


Fig. 7.1: distribuição da matéria de ensino (a), dos recursos didáticos (b) e dos modos de avaliação (c) para a turma de controle e a turma experimental durante o Estudo Complementar.

Desse modo, espera-se que a distinção entre cada turma tenha sido suficientemente construída a ponto de embasar a continuidade desta análise. O ponto seminal da Teoria Fundamentada está na microanálise, processo de escrutínio dos dados, sobretudo daqueles de origem qualitativa, como os diários de campo, que deram origem aos relatos trazidos e aos memorandos síntese. A partir da microanálise são aventadas ideias, conceitos e significados que provenham da leitura (e releitura) desses dados, a fim de permitir a conceitualização dos mesmos, sempre guiados pelos questionamentos, no presente caso, as duas questões-foco rerepresentadas na abertura do presente Capítulo.

Como passo final, está a codificação, que depura os conceitos estabelecidos, havendo sua classificação em diferentes categorias (codificação aberta) e a análise das mesmas ao redor do eixo temático adotado (codificação axial), aqui representado pelo ensino da Óptica com respaldo da História da Luz e da Fotografia, o que consistirá nas respostas para as perguntas de pesquisa.

Entende-se que a microanálise e a conceitualização já foram tomadas durante a análise dos dados para o Estudo Preliminar e, igualmente, para o Estudo Complementar, estando os conceitos descritos ao longo de cada Capítulo mencionado e nos memorandos que resumem cada evento. Nesse ponto, cabe iniciar a codificação desses conceitos construídos, que estão relacionados na tabela 7.1, como resultado de um processo que inicia na microanálise e

culmina na emergência de categorias visando a compreensão dos fenômenos educativos em estudo.

Tab. 7.1: conceitos estabelecidos por meio da microanálise dos dados coletados e das reflexões que compõem os memorandos síntese.

1)	A abordagem histórica favoreceu a formação de um espaço para o diálogo.
2)	Bom relacionamento entre pesquisador e alunos beneficiou o ensino.
3)	A metodologia tradicional sobrecarregou o pesquisador, o que comprometeu seu desempenho.
4)	Estratégias tradicionais reforçaram atitudes passivas dos estudantes.
5)	O emprego das narrativas históricas e da fotografia potencializou um ambiente dinâmico, mantendo os estudantes das turmas experimentais mais ativos.
6)	Houve uma desconstrução gradual de uma idealização ingênua de evolução da ciência, favorecida pela História da Ciência.
7)	Alguns estudantes reconsideraram suas impressões quanto à Física.
8)	Determinados estudantes apontaram uma transitoriedade dos conceitos físicos e o caráter coletivo da construção da ciência.
9)	Boa parte dos alunos teve sua concepção de ciência abalada, alguns demonstrando indignação com o confronto de ideias.
10)	O uso de demonstrações experimentais e dos recursos fotográficos despertou maior interação dos discentes em comparação ao uso do quadro de giz.
11)	Aulas focadas em ouvir, copiar ou resolver exercícios tendem a aumentar o nível de ruído, desatenção e desestímulo ao estudo da Física.
12)	Emprego da FMC fomentou a discussão epistemológica e a criticidade, uma vez que desafiou o senso comum.
13)	A fotografia contribuiu para a exposição de uma aplicabilidade da Óptica, estreitando laços com o cotidiano e beneficiando situações de ensino-aprendizagem, com maior sucesso para Óptica Geométrica em relação à FMC.
14)	Certos estudantes entenderam que a compreensão da fotografia <i>pinhole</i> foi um passo inicial da evolução tecnológica que culminou nas câmeras fotográficas digitais.
15)	Estudantes das turmas experimentais tiveram melhor entendimento quanto à definição de luz a qual lhes foi oferecida do que os alunos das turmas de controle, percebido por fornecerem respostas menos ingênuas.
16)	A distinção dos ambientes escolar e social entre o Estudo Preliminar e o Estudo Complementar influenciou nos resultados finais, mesmo com ganhos estatísticos similares.
17)	Estudantes carregaram elementos do cotidiano para a sala de aula, o que se tornou mais visível nas turmas experimentais.

Os dezessete conceitos discriminados na tabela 7.1 foram estruturados em três diferentes categorias, a fim de facilitar sua apreciação. Apesar das distinções entre as mesmas, a linha que separa cada categoria é tênue, uma vez que todas se distribuem em um mesmo eixo temático, o que implicou na classificação de um conceito em mais de uma categoria:

- a. *Subsídios Didáticos*: fatores que podem contribuir para a ocorrência de episódios de aprendizagem significativa de conceitos da Óptica e, em menor grau, da FMC;
- b. *Subsídios Críticos*: atributos que pretendem enriquecer a postura crítica dos estudantes em relação ao desenvolvimento da ciência, tanto para a construção de seu próprio conhecimento quanto para ponderações a nível social;
- c. *Subsídios Atitudinais*: situações que tendem a impulsionar mudanças de atitudes nos estudantes frente ao seu ensino.

A tabela 7.2 organiza os conceitos estabelecidos nas categorias anteriores:

Tab. 7.2: codificação dos conceitos estabelecidos pela microanálise dos dados coletados.

CATEGORIA	CONCEITOS
a. Subsídios Didáticos	1, 2, 5, 10, 13 e 15
b. Subsídios Críticos	6, 8, 9, 12 e 14
c. Subsídios Atitudinais	5, 7, 10, 13, 14, 16 e 17

Conforme a distribuição apresentada, as categorias *a* e *b* tendem a estar diretamente relacionadas à primeira questão-foco trazida, ao passo que a categoria *c* fomenta a segunda questão. Por sua vez, os conceitos 3, 4 e 11 não se adequam a nenhuma categoria, dado que apontam situações para as quais haveria a necessidade da adoção dos subsídios apontados para uma almejada modificação.

Dessa maneira, conclui-se, através da análise tomada para os dados da presente pesquisa, que suas possíveis contribuições podem ser resumidas por meio das seguintes repostas formuladas para cada questão:

1. *A abordagem da evolução histórica do conceito de luz, ilustrada e em conjunto com a história da fotografia, pode auxiliar estudantes a contextualizar e aprender significativamente determinados conceitos da Óptica e da Física Moderna e Contemporânea?* A grande compreensão obtida pela análise dos dados aponta ganhos

provenientes do emprego da abordagem histórica. Houve o estabelecimento de um espaço mais suscetível às discussões, o qual, por sua vez, compeliu os estudantes a compartilhar suas impressões a respeito dos tópicos em discussão, sobretudo aqueles eliciados pela narrativa histórica, o que fomentou o bom relacionamento entre pesquisador e alunos, fator relevante na construção de aprendizagens. A repercussão da abordagem histórica refletiu-se diretamente sobre a aprendizagem dos estudantes em relação aos aspectos principais da Óptica, como a definição do conceito de luz, ponto central dessa área, bem como a contextualização dos demais fenômenos ópticos, como a ocorrência da refração em lentes ou o papel da luz na visão. A discussão da história da fotografia também auxiliou estudantes a perceber como a evolução da ciência relaciona-se com o advento dos recursos tecnológicos, ainda cumprindo a compreensão da câmara escura, precursora da fotografia *pinhole*, importante papel no entendimento de aspectos das câmeras digitais. Alguns estudantes também conseguiram apropriar-se dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea discutidos, mas acredita-se que sua maior contribuição, nesse estágio, esteve em alicerçar as provocações de cunho epistemológico despertadas, uma vez que, por contrastar-se com aspectos da Física Clássica, enriquece a discussão sobre os meios de evolução da ciência. Dessa maneira, estudantes expressaram sua inquietação ao ter suas crenças confrontadas, estando algumas posturas observadas em alinhamento com os meios contraindutivistas. A combinação desses enfoques didáticos conseguiu promover atitudes críticas e reflexivas em pelo menos parte dos estudantes das turmas experimentais.

2. *O emprego da fotografia no ambiente escolar, enquanto recurso didático para tópicos da Óptica e aspectos introdutórios da Física Moderna e Contemporânea, consegue agregar benefícios ao ensino de Física?* A adoção de recursos fotográficos no ambiente escolar estabeleceu um importante vínculo entre os saberes discutidos nas aulas de Óptica e o cotidiano dos estudantes, pois representou uma aplicabilidade direta de parte dos assuntos tratados, o que tornou o ensino da Física menos propedêutico. Essa estratégia pôde contribuir para melhorar a impressão que os estudantes têm dessa matéria de ensino, uma vez que houve a valorização dos saberes dos discentes, pois os mesmos se sentiram mais aptos a tomar parte das discussões suscitadas, dado que lidaram com aspectos do qual têm maior domínio, presentes em

seu entorno social, o que lhes garantiu maior segurança e impulsionou sua participação. Por esse meio, conseguiram se apropriar melhor de aspectos da Óptica Geométrica em relação ao uso da *pinhole* e, em menor grau, dos tópicos da FMC decorrentes das câmeras digitais, o que, de qualquer modo, fomentou seu conhecimento e elevou a chance da ocorrência de uma aprendizagem significativa, uma vez que seu tratamento lúdico se tornou convidativo, o que ocorreu no uso da fotografia e igualmente das demonstrações experimentais, dado o dinamismo presente e a motivação que essas atividades puderam gerar.

Para complementar as conclusões, tomaram-se, subsidiariamente, pontos em comum encontrados entre o Estudo Preliminar e o Estudo Complementar advindos da estatística descritiva. A fim de problematizar quais as aprendizagens em Óptica que, a princípio, ocorreram de maneira mais sólida para as turmas experimentais ou de controle, foi organizada a tabela 7.3, com base unicamente nos escores de cada questão dos pós-testes de cada estudo. Entende-se que a realização do dessa atividade não foi dado suficiente para inferir a ocorrência de uma aprendizagem significativa, sendo empregado apenas como um indicativo. A questão 10, por ser de cunho pessoal (avalia impressões individuais entre a Física e o desenvolvimento tecnológico), não foi considerada neste levantamento. O número final de estudantes corresponde à soma dos respondentes para o pós-teste nos dois estudos.

Tab. 7.3: comparação dos escores das questões dos pós-teste do Estudo Preliminar e do Estudo Complementar para as turmas de controle e turmas experimentais.

CONCEITO CENTRAL EM CADA QUESTÃO	TURMAS DE CONTROLE	TURMAS EXPERIMENTAIS
1) Significado do termo Óptica	71,11 %	87,18 %
2) Refração da luz em lentes	46,67 %	51,28 %
3) Papel da luz na visão	31,11 %	33,33 %
4) Definição de luz	15,56 %	35,90 %
5) Luz enquanto raio luminoso	66,67 %	51,28 %
6) Reflexão da luz em espelhos	68,89 %	76,92 %
7) Convergência da luz em lentes	37,78 %	76,92 %
8) Ocorrência da refração	42,22 %	23,08 %
9) Reconhecimento das cores aditivas primárias	62,22 %	41,03 %
Número de respondentes:	45 estudantes	39 estudantes

O maior aproveitamento das turmas experimentais em relação às aquelas de controle justifica-se exatamente pela distinção entre a metodologia tradicional e a alternativa representada pelo minicurso desenvolvido para esta pesquisa. Evidentemente, deve-se tomar certo cuidado ao reunir os resultados de estudantes de realidades tão distintas, pois, enquanto no Estudo Preliminar os alunos estudavam em uma escola pequena no subúrbio de uma cidade de porte médio, os discentes que participaram do Estudo Complementar estavam em um colégio na região central de uma grande Capital. No entanto, aqui, as comparações recaíram sobre os diferenciais metodológicos adotados, sendo a partir desse ponto que se pôde entender a distinção entre tais resultados.

Por exemplo, mesmo entre as turmas experimentais houve diferenças significativas. Cabe lembrar aqui que, conforme explicado na análise quantitativa do Estudo Preliminar (seção 5.4), a questão 4 dos testes está diretamente relacionada aos provimentos referentes à abordagem histórica da evolução do conceito de luz. Essa situação foi retomada para exemplificar a existência desse contraste entre as próprias turmas experimentais: no Estudo Preliminar, quase 52% dos estudantes respondeu tratar-se a luz de uma onda-partícula, número reduzido para 12,5% para a turma experimental do Estudo Complementar. Mais uma vez, pensa-se que essa discrepância se deva a uma aproximação que houve no Estudo Complementar com as situações de ensino tradicionais, o que prejudicou o entendimento desse importante conceito.

Também não se pode deixar de refletir sobre alguns achados que, embora não diretamente associados às principais categorias que emergem desta pesquisa, são relevantes para futuros estudos. Não se pretende afirmar que os eventos educativos baseados em estratégias tradicionais propiciados às turmas de controle não resultaram em aprendizado ou tenham apenas resultados negativos. Não é isto. A análise aqui procedida reafirma algo que a comunidade acadêmica já conhece e que também é de domínio público: que as estratégias tradicionais tornam os estudantes mais dependentes da “transmissão de conhecimentos” e das iniciativas do docente, inibem atitudes proativas, aumentam o nível de ruídos e conversas paralelas e, conseqüentemente, a desatenção. Enfim, reforçam uma passividade prejudicial à emergência de cidadãos mais críticos e participativos, aspectos que estão relacionados com os conceitos 3, 4 e 11 da tabela 7.1.

De modo geral, a análise de ambos os estudos mostrou que, ao menos nas situações vivenciadas na presente pesquisa, a metodologia tradicional não foi suficiente para prover

uma concepção adequada para a *luz*, certamente o ponto *primordial* da Óptica. Para efeitos de comparação, seria o mesmo que tratar da *Mecânica* sem discutir o que é *movimento*, da *Termodinâmica* sem explicar a *temperatura*, ou mesmo da *Eletricidade* sem construir a definição de *carga elétrica*, passos classicamente seguidos em qualquer curso secundário de Física. Por que, então, o mesmo não é tomado para a Óptica?

Neste ponto, cabe colocar que a presente pesquisa abrangeu a História da Ciência enquanto tópico fundamental para o entendimento do que é a luz, devendo ser esta parte integrante das discussões iniciais em Óptica, e mesmo das demais áreas. Um tópico, e não uma metodologia, pois por esta entende-se a maneira pela qual um tópico é tratado, ou seja, por quadro e giz, apresentações de *slides*, experimentos, ferramentas computacionais, palestras, debates, saídas de campo etc.

Essa foi a principal diferença metodológica entre as turmas experimentais. No Estudo Preliminar, houve maior destaque para os aspectos conceituais da Óptica, assim as aulas estiveram guiadas majoritariamente pelas apresentações de *slides* e demonstrações experimentais, privilegiando as discussões decorrentes das mesmas. No entanto, para o Estudo Complementar, houve uma pequena conciliação entre esta mesma metodologia e o tratamento tradicional, o que, mesmo com o incremento de 3 h/aula para o minicurso, não repercutiu em seu aprendizado, ou mesmo na disposição, conforme apontaram os questionários opinativos.

Como última colocação, tem-se clareza que a presente dissertação de mestrado é apenas um entre tantos trabalhos acadêmicos organizados anualmente. Não houve aqui a pretensão de desenvolver um trabalho altamente eminente, ou que entrará para a história do ensino de Física, o que obviamente não ocorrerá. Também se sabe que não são somente estas as ações que irão transformar o ensino da Óptica, ou da Física, estando grande parte do poder de transformação da educação nas decisões de instâncias oficiais mais influentes. O que se quis fazer aqui foi incidir uma *luz* sobre uma discussão antiga, porém sem muitos resultados práticos, e que não se restringe somente à Física: o desinteresse dos jovens pelo ensino formal. Os resultados da presente pesquisa são singulares, e tem-se segurança de que as situações aqui descritas jamais se repetirão em qualquer outro momento. Contudo, espera-se que essa pequena contribuição se some a todas as outras existentes, e ao rol das que ainda estão por vir, na luta pela construção de uma educação (contextualizada, significativa, contraindutiva) e de qualidade justa a todos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V.O. ; CRUZ, C.A. da; SOAVE, P.A. Concepções Alternativas em Óptica. *Textos de Apoio ao Professor de Física*. v. 18 n. 2. UFRGS. Porto Alegre, 2007.
- ANDRADE, C.T.J. de. *Luz e Cores: Uma Proposta Interdisciplinar no Ensino Fundamental*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2005.
- BAPTISTA, J.P. Os Princípios Fundamentais ao Longo da História da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 4, p. 541-553, 2006.
- BASSALO, J.M.F. A Crônica da Ótica Clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 3, n. 3, p. 138-159, dez. Florianópolis, 1986.
- BASSALO, J.M.F. A Crônica da Ótica Clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 4, n. 3, p. 140-150, dez. Florianópolis, 1987.
- BASSALO, J.M.F. A Crônica da Ótica Clássica (Parte III: 1801 – 1905). *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 6, n. 1, 37-58, abr. Florianópolis, 1989.
- BIAZUS, P.O. “A Lata Faz Foto? Ah, Então a Lata é Mágica!” *Estudo Etnográfico sobre Itinerários Urbanos e a Circulação de Imagens e Olhares em Oficinas de Fotografia Pinhole, Porto Alegre - RS*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2006
- BRASIL. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?id=12598:publicacoes&option=com_content&view=article>. Acesso em 12 jun 2013. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação – Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. p. 59-86. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?id=12598:publicacoes&option=com_content&view=article>. Acesso em 12 jun 2013. Brasília, 2002.
- CAMPBELL, D.R. & STANLEY, J.C. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research on Teaching*. In Gage, N.L. *Handbook of Research on Teaching*. Rand McNally. Chicago, 1963.
- CARVALHO, M.P. de. As Práticas Experimentais no Ensino de Física. In CARVALHO, M. P. de et al. *Ensino de Física*. p. 107-139. Cengage Learning. São Paulo, 2010.
- CARVALHO, M.P. de; SASSERON, L.H. Abordagens Histórico-Filosóficas em Sala de Aula: Questões e Propostas. In CARVALHO, M. P. de et al. (2010). *Ensino de Física*. p. 107-139. Cengage Learning. São Paulo, 2010

- CARUSO, F.; OGURI, V. *Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. Campus. Rio de Janeiro, 2006
- CAVALCANTE, M.A. Uma Oficina de Física Moderna que Vise a sua Inserção no Ensino Médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 18, n. 3, dez. Florianópolis, 2001.
- CHALMERS, A.F. *O que é Ciência Afinal?* Brasiliense. São Paulo, 1999.
- CORRÊA FILHO, J.D.; PACCA, J.L.A. Relatos de Aulas de Óptica no Ensino Médio: o que Eles nos Revelam sobre a Atuação do Professor? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 28, n. 2, p. 297-324, ago, 2011
- CUDMANI, C. de y SANDOVAL, J. S. de. ¿Es Importante la Epistemología de las Ciencias en la Formación de Investigadores y de Profesores em Física? *Enseñanza de las Ciencias*. 22 (3). p. 455-462, 2004.
- DIAS, P.M.C. A (Im)Pertinência da História ao Aprendizado da Física: um Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 23, n. 2, p. 226-235, jun, 2001.
- DIONÍSIO, P.H. Albert Einstein e a Física Quântica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 22, n. 2, p. 147-164, ago, 2005.
- FEYERABEND, P. *Contra o Método*. Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Original: *Against Method*. Francisco Alves. Rio de Janeiro, 1977.
- FORATO, T.C.M. de. Historiografia e Natureza da Ciência em Sala de Aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 28, n. 1: p. 27-59, abr, 2011.
- GATTI, S.R.T.; NARDI, R.; SILVA, D. da. A História da Ciência na Formação do Professor de Física: Subsídios para um Curso sobre o Tema Atração Gravitacional Visando às Mudanças de Postura da Ação Docente. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 491-500, 2004.
- GIRCOREANO, J.P.; PACCA, J.L.A. O Ensino da Óptica na Perspectiva de Compreender a Luz e a Visão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 18, n. 1, p. 26-40, abr, 2001.
- GONÇALVES, M.E.R.; CARVALHO, A.M.P. As Atividades de Conhecimento Físico: um Exemplo Relativo à Sombra. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 12, n. 1, p. 7-16, abr, 1995.
- HECKLER, V. Minicurso: Ensino de Ótica Voltado a Professores de Física e Ciências. *In: I Semana Acadêmica do IMEF – FURG*. Rio Grande, 2009.
- HEINECK, R.; ARRIBAS, S.D. Câmara Escura. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. especial, p. 303-307, 2004.

- HELENE, O.; HELENE, A.F. Alguns Aspectos da Óptica do Olho Humano. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 33, n. 3, p. 3312(1)-3312(8), 2011.
- HEWITT, P. G. *Fundamentos de Física Conceitual*. Bookman. Porto Alegre, 2009.
- KOSSOY, B. *Fotografia & História*. 2ª Edição. Ateliê Editorial. São Paulo, 2001.
- KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.R.P.C.; UZÊDA, D. O Tratado sobre a Luz de Huygens: Comentários. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 28, n. 1, p. 123-151, abr, 2011.
- LAKATOS, I. *Metodología de los programas de Investigación Científica*. Alianza. Madri, 1993.
- LÉVY, P. *As Tecnologias da Inteligência – O Futuro do Pensamento na Era da Informática*. Editora 34, São Paulo, 1933.
- MARQUES, D.M.C.; LUZ, G.O.F da. Fundamentação em Ciências: uma Proposta para Debate e Ação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, n. 3, p. 174-189, dez. Florianópolis, 1988.
- MARTINS, E.J.S. et al. *Diferentes Faces da Educação*. Arte e Ciência Villipress. São Paulo, 2001.
- MASSONI, N.T. Epistemologias do Século XX. *Textos de Apoio ao Professor de Física*. v. 16 n. 3. UFRGS. Porto Alegre, 2005.
- _____. *A Epistemologia Contemporânea e suas Contribuições em Diferentes Níveis de Ensino de Física: a Questão da Mudança Epistemológica*. Tese de Doutorado. UFRGS. Porto Alegre, 2010.
- _____. *Uma metodologia viável de análise qualitativa: Teoria Fundamentada*. Notas de aula, 2013.
- MATTOS, C.; HAMBURGER, A.I. História da Ciência, Interdisciplinaridade e Ensino de Física: o Problema do Demônio de Maxwell. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004.
- MEDEIROS, A. A História e a Física do Fantasma de Pepper. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 23, n. 3, p. 329-344, dez, 2006.
- MORAES CORVELONI, E.P. et al. Utilização de Máquina Fotográfica Digital (Multi-Burst) para Aulas Experimentais de Cinemática – Queda Livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 31, n. 3, p. 3504(1)-3504(4), 2009.
- MOREIRA, M.A. *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. E.P.U. São Paulo, 2011.a.
- _____. *Teorias de Aprendizagem (2ª edição)*. E.P.U. São Paulo, 2011.b.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. *Epistemologias do Século XX*. E.P.U. São Paulo, 2011.

- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T.; OSTERMANN, F. “História e Epistemologia da Física” na Licenciatura em Física: uma Disciplina que Busca Mudar Concepções dos Alunos sobre a Natureza da Ciência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.
- MOREIRA, M.A.; VEIT, E.A. *Ensino Superior: Bases Teóricas e Metodológicas*. E.P.U. São Paulo, 2010.
- NÓBREGA, F.P.; MACKEDANZ, L.F. O LHC (*Large Hadron Collider*) e a Nossa Física de cada Dia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.35, n.1, p.1301(1)-1301(11), 2013.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. *Epistemologia – Implicações para o Ensino de Ciências*. Disponível em <http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-para-educacao-basica/epistemologia_Fisica.pdf/view>. Acesso em 15 jul 2013. Porto Alegre, 2010.
- PEREIRA, A.P. de. *Distribuição Conceitual no Ensino de Física Quântica – Uma Aproximação Sociocultural às Teorias de Mudança Conceitual*. Tese de Doutorado. UFRGS. Porto Alegre, 2012.
- PEREIRA, A.P.S.; VIEIRA, P.C. A Fotografia como Forma de Expressão da Física. In: *IV Encontro Estadual de Ensino de Física – RS*. UFRGS. Porto Alegre, 2011.
- PIETROCOLA, M. A Matemática como linguagem estruturante do pensamento físico. In CARVALHO, M. P. de et al. *Ensino de Física*. p. 79-106. Cengage Learning. São Paulo, 2010.
- PIETROCOLA, M. et al. *Física em Contextos: Pessoal, Social e Histórico: Energia, Calor, Imagem e Som*. FTD. São Paulo, 2010.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Educação. *Proposta Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio - 2011-2014*. Disponível em <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf>. Acesso em 11 jun 2013. Porto Alegre, 2011.
- ROCHA FILHO, J.B. da; SALAMI, M.A.; HILLEBRAND, V. Construção e Caracterização de uma Célula Fotoelétrica para Fins Didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 28, n. 4, p. 555-561, 2006.
- SALINAS, J. y SANDOVAL, J. Enseñanza Experimental de la Óptica Geométrica; Campos de Visión de Lentes y Espejos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 22, n. 2, p. 259-265, 2000.
- SALORT, M.C. *Qual o seu Lugar? A Educação Ambiental Problematizada na Formação Inicial dos Arte-Educadores e Revelada com Escrita e Luz*. Dissertação de Mestrado. FURG. Rio Grande, 2010.

- SANDOVAL, J.D.; SANDOVAL DE SALINAS, J. Ótica Geométrica: Introdução ao Estudo da Interação da Luz com a Matéria. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v. 7, n. 1, p. 21-30, abr. Florianópolis, 1990.
- SANTOS, W.M.S.; DIAS, P.M.C. A História da Física como “Organizador Prévio”. In: *Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. CEFET, Rio de Janeiro, 2005.
- SILVA, B.V.C. Discutindo Modelos de Visão Utilizando a História da Ciência. *Holos*. Ano 25, Vol. 3, p. 180-190, 2009.
- SILVA, B.V.C.; MARTINS, A.F.P. A Natureza da Luz e o Ensino da Óptica: uma Experiência Didática Envolvendo o Uso da História e da Filosofia da Ciência no Ensino Médio. *Experiências em Ensino de Ciências*. v. 5(2), p. 71-91, 2010.
- SILVA, C.C.; MARTINS, R.A. A “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton: uma Tradução Comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 18, n. 4, p. 313-327, dez, 1996.
- SILVA, T.T. da. *O Currículo como Fetice: a Poética e a Política do Texto Curricular*. 2ª Edição. Autêntica. Belo Horizonte, 2001.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. Resultados Obtenidos Introduciendo Historia de la Ciencia en las Clases de Física y Química: Mejora de la Imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas. *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (1). p. 151-162, 2001.
- SOUZA, C.E.R. de; NEVES J.R.; MURAMATSU, M. Fotografando com Câmara Escura de Orifício: a Óptica e o Processo Fotográfico na Sala de Aula. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, 2007.
- TERRAZAN, E.A. A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º Grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. v.9, n.3, p.209-214, dez. Florianópolis., 1992.
- TORRES, A.P.G. y BADILLO, R.G. Historia, Epistemología y Didáctica de las Ciencias: unas Relaciones Necesarias. *Ciência & Educação*. v. 13, n. 1. p. 85-98, 2007.
- VALADARES, E.C.; MOREIRA, A.M. Ensinando Física Moderna no Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. Florianópolis, 1998.
- VICENZI, S. *Difração e Interferência para Professores do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2007.
- VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e Linguagem*. e-book. Edição Ridendo Castigat Moraes, 2001.
- WEBBER, M.C.M.; RICCI, T.F. Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma Proposta para Professores. *Textos de Apoio ao Professor de Física*. v. 17 n. 5. UFRGS. Porto Alegre, 2006.

APÊNDICE I: QUESTIONÁRIO SOBRE CÂMERAS “PINHOLE”

NOME DA ESCOLA
TRABALHO DE FÍSICA

GRUPO: _____ DATA: _____

Durante a construção da câmera fotográfica do tipo *pinhole*, responda aos seguintes questionamentos, utilizando como auxílio o artigo “*Fotografando com Câmara Escura de Orifício: a Óptica e o Processo Fotográfico na Sala de Aula*”, além do material disponibilizado nas aulas anteriores.

- 1) Quais os possíveis nomes do dispositivo que vocês estão construindo? Ele possui a mesma função que algum(ns) aparelho(s) eletrônico(s) atual(is)? Qual(is)?

- 2) Explique como funciona uma câmara escura e como ocorre seu processo de formação de imagens, apontando as características das imagens obtidas.

- 3) Por que o furo feito na frente da câmera *pinhole* deve ser pequeno? O que ocorreria se esse furo fosse muito maior que o indicado?

- 4) Por que o interior da lata na qual foi construída a câmera *pinhole* foi revestido com papel preto?

- 5) Se a câmera *pinhole* for carregada com um papel comum, como uma folha de caderno, ao invés de um papel fotográfico, seria possível registrar imagens? Por quê?

- 6) Qual a relevância desse tipo de câmera fotográfica para o mundo atual?

- 7) Vocês acham que a realização desta atividade é importante para as aulas de Física? Justifiquem sua resposta.

APÊNDICE II: TESTE DE CONHECIMENTO EM ÓPTICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
INSTITUTO DE FÍSICA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Teste sobre conhecimentos em Óptica – junho/2012
Mestrando Patrese Coelho Vieira

Data de Nascimento: ___ / ___ / _____ Sexo: () Feminino () Masculino

O presente teste sobre conhecimentos em Óptica integra uma pesquisa para dissertação de mestrado em Ensino de Física, não sendo necessária a identificação do respondente. Por favor, responda atentamente aos questionamentos, marcando somente uma alternativa nas questões de múltipla escolha e utilizando o verso da folha para as perguntas discursivas. Comentários podem ser realizados ao longo de qualquer questão e serão bem vindos.

1) Óptica não é uma palavra estranha. Em nosso cotidiano, e muito por influência da mídia, geralmente nos lembramos de óculos ou outros bens de consumo disponíveis nesse tipo de estabelecimento comercial – as ópticas. Já na Física, a Óptica assume um significado diferente. Representa uma área que tem como principal objeto de estudo:

- A () o olho humano.
- B () a luz.
- C () os óculos.
- D () a visão.
- E () as imagens.

2) Lentes são objetos transparentes que nos permitem observar imagens com tamanho ou formato diferente de uma imagem original. Uma lupa, por exemplo, nada mais é que uma lente que permite a ampliação de imagens. O fenômeno óptico mais importante ao funcionamento de uma lente é a:

- A () interferência.
- B () dispersão.
- C () reflexão.
- D () difração.
- E () refração.

3) Não conseguimos enxergar naturalmente no escuro. Apesar de ser possível com câmeras especiais, o olho humano necessita de iluminação adequada para que possamos ver confortavelmente. Durante a visão, o processo que descreve resumidamente a relação entre a luz e o olho humano é aquele onde:

- A () a luz vinda dos objetos reflete na superfície dos olhos, permitindo a visão.
- B () a luz é emitida pelos olhos e ilumina os objetos, tornando-os visíveis.
- C () a luz encaminhada pelos objetos contorna os olhos, havendo a reação fisiológica da visão.
- D () a luz proveniente dos objetos entra nos olhos, sendo possível enxergá-los.
- E () a luz é oriunda dos olhos, o que acende o ambiente, deixando-o claro.

4) O conceito de luz passou por muitas modificações ao longo de sua história, e ainda permanece sujeito a mudanças. Em épocas distintas, físicos perceberam que, dependendo da sua necessidade, seria possível atribuir características diferentes à natureza da luz, chegando assim a um consenso que, ao menos por enquanto, vigora até hoje. Descreva do que a luz é formada e forneça alguns exemplos que alicerçam sua opinião.

5) De forma alguma é aconselhável olhar diretamente para o Sol sem a devida proteção. Esse aviso se torna mais comum às vésperas de um eclipse solar. Para conseguir observar o evento com segurança e conseqüentemente não comprometer sua visão, é possível utilizar filtros adequados. Outra forma consiste em projetar a imagem do eclipse, o que pode ser feito utilizando um espelho plano, uma câmara escura ou uma lupa, por exemplo. Conhecemos os princípios da formação e projeção de imagens principalmente devido à representação da luz enquanto:

- A () raio luminoso.
- B () energia.
- C () onda eletromagnética.
- D () partícula.
- E () onda-partícula.

6) Civilizações do Antigo Egito, em torno do século V a.C., utilizavam espelhos com a mesma finalidade hoje empregada pela maioria das pessoas: enxergar sua própria imagem. Apesar disso, os espelhos possuem outras aplicações. Os grandes telescópios, localizados em diferentes pontos da Terra, possuem conjuntos de espelhos que unidos têm alguns metros de diâmetro. Os espelhos desses telescópios interceptam a luz vinda do espaço e a direcionam para fotocélulas, que formarão as imagens. Esse direcionamento da luz causado pelos espelhos é um exemplo do fenômeno óptico chamado:

- A () reflexão.
- B () deflexão.
- C () refração.
- D () dispersão cromática.
- E () aberração cromática.

7) Quase todos os anos nos deparamos com notícias de grandes queimadas. Infelizmente muitas dessas são intencionais, porém outras decorrem da displicência de algumas pessoas, como em casos em que cigarros acesos são jogados na vegetação seca. Outros incêndios desse gênero são mais comuns no verão, especialmente à beira de estradas, provocadas por garrafas de vidro atiradas ao léu. Os raios solares, que estão mais intensos nessa época do ano, ao atravessarem principalmente a parte do fundo das garrafas se concentram na grama que está bastante seca, iniciando assim o fogo. Exponha e justifique os motivos pelos quais as garrafas de vidro possuem a capacidade de colocar fogo na vegetação seca e depois cite medidas para evitar esse tipo de incêndio.

8) Quando alguém olha para um canudo que está colocado dentro de um copo com água tem a nítida impressão de que ele está quebrado, embora, quando removido da água, facilmente se constate que não. Esse efeito se dá porque, ao passar pela água e pelo vidro do copo, a luz refletida no canudo sofre desvios em sua trajetória, devido à alteração de sua velocidade de propagação. Esse fenômeno óptico é conhecido como:

- A () pressão
- B () difração.
- C () refração.
- D () efeito Doppler.
- E () reflexão.

9) Todas as cores que vemos são resultado de um processo fisiológico, ou seja, da interpretação da Biologia de como a Física atua nos seres vivos. A retina, região interna aos olhos, é coberta por células chamadas cones, que possuem a capacidade de interpretar a luz que entra em contato com elas por meio da quantidade de energia que elas transportam. Apesar de enxergarmos inúmeras cores, os cones possuem picos de sensibilidade somente para três tipos delas, chamadas cores aditivas primárias, que são:

- A () o preto, o cinza e o branco.
- B () o vermelho, o verde e o azul.
- C () o laranja, o verde e o violeta.
- D () o vermelho, o amarelo e o azul.
- E () o azul, o verde e o amarelo.

10) Nas redes sociais comumente são postadas inúmeras fotografias, seja por algum motivo importante, como a divulgação de uma notícia, ou casual, como compartilhar imagens de uma festa. A fotografia, utilizada profissionalmente e também para diversão, é fruto do trabalho de muitas pessoas, o que demandou bastante tempo. A Óptica, enquanto ramo da Física, tem papel fundamental para esse avanço tecnológico, e em muitos outros. Você acredita que a Física de fato é essencial para a evolução da tecnologia ou pensa que essa afirmação é um exagero? Descreva seus argumentos.

APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO OPINATIVO PARA AS AULAS DE ÓPTICA

Questionário Opinativo

Esse questionário é o espaço reservado para que você expresse, anonimamente, suas opiniões a respeito das atividades desenvolvidas sobre Óptica durante as últimas semanas nas aulas de Física. Fique a vontade para responder o que bem entender, mas não se esqueça de responder todas as questões.

A) O que você conhecia por Óptica antes das aulas? Seu entendimento foi modificado?

B) Seu interesse por Física aumentou, diminuiu ou se manteve o mesmo com as aulas de Óptica? Explique por que.

C) Dentre todas as atividades desenvolvidas, quais os pontos positivos e negativos que você destaca? Como os pontos negativos podem ser melhorados?

D) A atuação do professor durante as aulas ajudou ou atrapalhou seu entendimento do conteúdo? Justifique.

E) Você acha que a abordagem da Física pode se tornar mais interessante? Se sim, que sugestões você teria para que isso se torne possível? Se pensa que não, por quê?

APÊNDICE IV: MATERIAL DIDÁTICO

O seguinte CD traz o material empregado durante o minicurso realizado juntamente às turmas experimentais e igualmente na intervenção paralela aplicada às turmas de controle.