



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

ROSA MARIA AMBRÓZIO

**UMA INTERVENÇÃO EDUCACIONAL COM ENFOQUE
NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: ABORDANDO AS
TEMÁTICAS TERMODINÂMICA E ÓPTICA**

Vitória
2014

ROSA MARIA AMBRÓZIO

**UMA INTERVENÇÃO EDUCACIONAL COM ENFOQUE
NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: ABORDANDO AS
TEMÁTICAS TERMODINÂMICA E ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Geide Coelho

VITÓRIA

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Rosa Maria Ambrózio

**UMA INTERVENÇÃO EDUCACIONAL COM ENFOQUE NO ENSINO
POR INVESTIGAÇÃO:
ABORDANDO AS TEMÁTICAS TERMODINÂMICA E ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23 de Maio de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dra. Manuela Villar Amado
Instituto Federal de Educação – Vitória

Prof. Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais, pela minha concepção e pelos cuidados ao longo da vida.

Ao meu irmão Aldo, pela amizade e dedicação.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Geide Coelho, que com sua organização, paciência, entusiasmo e carinho, mudou a minha visão sobre ser uma professora e tornou todo esse trabalho possível.

Ao Prof. Dr. Laércio Ferracioli e ao Prof. Humberto Capai, pelas inspirações oferecidas com os seus trabalhos desde a graduação em Licenciatura em Física.

À minha família, que sempre me deu liberdade para escolher meus próprios caminhos, sem nunca me abandonar nos momentos em que eu me perdi na caminhada. Especialmente ao meu irmão Aldo, que esteve presente em todos os momentos da minha vida, mesmo que geograficamente distante.

Ao meu namorado, Sandro, que chegou no momento mais obscuro dessa jornada e foi como uma luz para me ajudar a percorrê-la.

À minha analista, Bartyra, por me ajudar a perder o medo de enfrentar a vida sozinha.

Aos meus queridos amigos, por horas e horas de conversas descontraídas, mas que no fundo me deram ânimo para construir esse trabalho. E por compreenderem a minha ausência durante os períodos de maior imersão.

Aos meus colegas de pós-graduação que se dedicaram aos seus trabalhos, mas também empenharam grande energia em fazer desse tempo algo divertido.

“E se eu for o primeiro a prever e poder desistir
Do que for dar errado
Ora, se não sou eu
Quem mais vai decidir o que é bom pra mim
Dispensar a previsão
Se o que eu sou é também o que eu escolhi ser
Aceito a condição .”
Rodrigo Amarante.

RESUMO

A qualidade do ensino ofertado em todos os segmentos de educação é tema de discussão no meio acadêmico e nos espaços responsáveis pela gestão da educação. Esta deveria acompanhar as demais transformações sociais, promovendo o contato dos estudantes com a cultura científica, permitindo uma aprendizagem que não se baseie apenas na transmissão de conceitos, leis e modelos. Para realizarmos esta pesquisa nos pautamos nas determinações apresentadas na literatura sobre o ensino por investigação, uma vez que tínhamos como objetivo desenvolver atividades que favorecessem o ensino de ciências nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, e através das quais fosse possível investigar os efeitos dessa intervenção educacional com enfoque investigativo sobre a aprendizagem dos estudantes. Em acordo com essa perspectiva de ensino foram criadas duas unidades de ensino: a primeira abordando a temática Termodinâmica, em que os estudantes realizaram uma atividade de laboratório aberto utilizando uma simulação computacional; a segunda abordando a temática Óptica, contendo uma atividade de laboratório aberto com experimento físico e outra atividade do tipo questão aberta. Nas três atividades foram propostos problemas contextualizados com situações cotidianas dos estudantes, e a partir dos quais deveriam elaborar suas investigações. Participaram da pesquisa 236 estudantes matriculados regularmente na E.E.E.M. Colégio Estadual do Espírito Santo. Os estudantes se mostraram engajados, pois ao avaliarmos a qualidade dos planos elaborados, já na primeira intervenção, entre os 29 grupos, apenas 7 tiveram desempenho classificado como incipiente. Em relação aos conceitos envolvidos nas atividades, em todas as intervenções, apenas 5 grupos responderam de forma incorreta aos problemas propostos. Como produto desta pesquisa foi elaborado um guia para que outros professores também possam implementar as Unidades de Termodinâmica e Óptica em suas aulas. Acreditamos que o desenvolvimento desta pesquisa também tenha proporcionado ganhos para mim, a professora, pois aprendi como motivar meus alunos a assumirem seus papéis de protagonistas no processo de aprendizagem.

Palavras-chaves: Ensino de Física, Ensino de Termodinâmica e Óptica, Ensino por Investigação, Aprendizagem Conceitual, Atitudinal e Procedimental.

ABSTRACT

The quality of teaching offered in all segments of education is a topic of discussion in academia and in the areas responsible for educational management. The education should follow other social changes promoting the contact of students with scientific culture, allowing for learning that is not only based on transmission of concepts, laws and models. To accomplish this research we were guided by resolutions reported in literature regarding research on teaching. We sought to develop activities that would promote the teaching of science in conceptual, procedural and attitudinal dimensions. Through these activities, it was possible to investigate the effects of educational intervention with investigative focus on student learning. According to this teaching perspective, two teaching units were created: the first addressing the issue Thermodynamics, in which students performed an open laboratorial activity by means of computer simulation; the second addressing the theme Optics, comprising of an open laboratorial activity with physics experiment and another activity as open question. In all three activities, contextualized problems were proposed involving student`s everyday situations, and from these activities they should elaborate their investigations. 236 students regularly enrolled at E.E.E.M. Colégio Estadual do Espírito Santo participated in this survey. Students showed themselves engaged because when evaluating the quality of the plans during the first intervention, only 7 groups among 29 had their performances classified as incipient. Regarding the concepts involved in the activities, considering all interventions, only 5 groups responded incorrectly to the proposed problems. As a product of this research was elaborated a guide so that other teachers can also implement the Units of Thermodynamics and Optics in their classes. We believe that the development of this research has also provided gains to me, the teacher, since I have learned how to motivate my students to assume their roles as protagonists in the learning process.

Keywords: Teaching Physics, Teaching Thermodynamics and Optics, Teaching by investigation, Conceptual, Procedural and Attitudinal Learning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA DE UM PROBLEMA	24
FIGURA 3 - NÍVEIS DE INVESTIGAÇÃO NO LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS	25
FIGURA 4 - TUTORIAL DA SIMULAÇÃO COM BALÕES.....	35
FIGURA 5 - DEBATE SOBRE O TEXTO A GRANDE HISTÓRIA DE MISTÉRIO	37
FIGURA 6 - ROTEIRO PARA A ATIVIDADE COM BALÕES	39
FIGURA 7 - REGISTRO DAS ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA	40
FIGURA 8 - INSTRUÇÕES FORNECIDA NO TUTORIAL PARA A SIMULAÇÃO COM BALÕES.....	41
FIGURA 9 – ALUNOS FAZENDO UMA DINÂMICA NA PRIMEIRA AULA DA UNIDADE DE ÓPTICA.....	42
FIGURA 10 – ROTEIRO DA ATIVIDADE COM ESPELHOS PLANOS.....	43
FIGURA 11 – REGISTRO DOS ALUNOS REALIZANDO OS EXPERIMENTOS COM ESPELHOS PLANOS	44
FIGURA 12 - ROTEIRO PARA ATIVIDADE COM ESPELHOS ESFÉRICOS	46

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - QUALIDADE DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO: TERMODINÂMICA	61
GRÁFICO 2 - SOLUÇÃO DAS QUESTÕES DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA	65
GRÁFICO 3 - SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DA ATIVIDADE COM ESPELHO PLANO.....	69
GRÁFICO 4 - QUALIDADE DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE COM ESPELHOS PLANOS	71
GRÁFICO 5 - SOLUÇÃO DAS QUESTÕES DA ATIVIDADE COM ESPELHOS ESFÉRICOS.....	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - QUALIDADE DOS PLANOS DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA	60
TABELA 2 – CATEGORIZAÇÃO DOS OBJETIVOS	62
TABELA 3 - QUALIDADE DOS PLANOS DA UNIDADE DE ÓPTICA	69
TABELA 4 – EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DOS PLANOS	70

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – FRAGMENTO DO DIÁRIO DE CAMPO	53
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO	18
2.2	APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM UMA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL	26
2.3	APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA (AS DIMENSÕES CONCEITUAL, ATITUDINAL E PROCEDIMENTAL)	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	32
3.1.1	OBJETIVO GERAL	32
3.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3.2	CARACTERIZANDO A ESCOLA E OS SUJEITOS PARTICIPANTES DO ESTUDO	32
3.3	LÓGICA DA INVESTIGAÇÃO	34
3.3.1	ESTUDO I: UNIDADE DE TERMODINÂMICA	34
3.3.2	ESTUDO II: UNIDADE DE ÓPTICA	41
3.4	MÉTODO DE COLETA DE DADOS	47
3.4.1	PLANOS DE INVESTIGAÇÃO E QUESTÕES ABERTAS	48
3.4.2	DIÁRIO DE CAMPO	48
3.5	MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS	49
3.5.1	ANÁLISE DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO	49
3.5.2	ANÁLISE DO DIÁRIO DE CAMPO	51
4	ANÁLISE E DISCUSSÕES	51
4.1	ANÁLISE DO DIÁRIO DE CAMPO	51
4.2	ANALISANDO OS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA	60
4.3	ANÁLISES DA UNIDADE DE ÓPTICA	67
4.3.1	ESPELHOS PLANOS	67
4.3.2	ESPELHOS ESFÉRICOS	72
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS	83
	APÊNDICE A – TEXTO PARA DEBATE SOBRE UMA INVESTIGAÇÃO	86
	ANEXO A – ROTEIRO PARA A ATIVIDADE COM BALÕES	87
	ANEXO B – ROTEIRO PARA A ATIVIDADE COM ESPELHOS PLANOS	88
	ANEXO C - ROTEIRO PARA A ATIVIDADE COM ESPELHOS ESFÉRICOS	89

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ensino ofertado em todos os segmentos de educação é tema de discussão tanto no meio acadêmico quanto nos espaços responsáveis pela gestão da educação, no entanto as novas ações implementadas não têm se mostrado efetivas, uma vez que os resultados das ferramentas utilizadas para avaliar a aprendizagem dos alunos parecem revelar a pouca eficiência dos procedimentos usuais de ensino (IDEB, 2012).

O estado do Espírito Santo conta com o Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo (PAEBES) para aferir a qualidade de ensino ofertado pelas redes pública e privada, fornecendo resultados valiosos para que os profissionais da área possam estabelecer metas para possíveis melhorias na educação ofertada em suas instituições. Desde o ano 2000, ao final de cada etapa escolar, os alunos são submetidos à essa avaliação, contudo somente em 2011 os estudantes do terceiro ano do ensino médio passaram a fazer parte do grupo avaliado, propiciando também a investigação da aprendizagem realizada ao longo da etapa final da educação básica. Através dessa ferramenta é possível verificar que grande parte dos estudantes ao final do ensino médio apresentam baixo desempenho na disciplina de Física.

Levando em consideração o discurso consensual dos professores, Borges (2002) apresenta algumas das causas atribuídas pelos docentes a esse baixo rendimento, tais como: falta de formação continuada dos professores, falta de recursos didáticos nas escolas, aulas quase que exclusivamente expositivas que levam à aprendizagem mecânica. No que diz respeito ao ensino de ciências, entre os professores parece existir a crença que a utilização de experimentos ou simulações computacionais pode resolver os problemas que envolvem o ensino dessa área do conhecimento. Em concordância com Borges (2002, p.294): “Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo”.

Introduzir a prática experimental ao cotidiano escolar sem associá-la à atividades que envolvam os estudantes em situações problematizadoras abrindo espaço para

reflexões, discussões, argumentações como é comum às técnicas do laboratório tradicional, pode desenvolver habilidades referentes ao tratamento e interpretações de dados empíricos, permite lidar com equipamentos/instrumentos que não teriam oportunidade em outro ambiente, mas dificilmente contribui para desenvolver o espírito crítico e reflexivo dos estudantes, uma vez que estes realizam as atividades seguindo comandos no roteiro fornecido.

Considero que uma mediação de qualidade, como é proposta no ensino investigativo, tira o estudante da posição passiva das aulas exclusivamente expositivas e coloca-o na posição central do processo de aprendizagem, na qual ele terá que refletir, discutir, explicar fatos sobre as hipóteses envolvidas na solução de um problema, que pode ou não estar associado a um experimento e/ou simulação computacional. Por se tratar de atividades em grupo, os estudantes convivem com os embates e benefícios do encontro de diferentes experiências pregressas sobre um assunto, podendo ser conflitantes ou complementares, sendo confrontados com o conhecimento escolar, chegando assim, com a mediação dos professores, ao objetivo dessa proposta de ensino, que trata justamente de uma negociação de novos significados para um conhecimento que os estudantes já possuem.

O papel do professor de ciências, mais do que organizar o processo pelo qual os indivíduos geram significados sobre o mundo natural, é o de atuar como mediador entre o conhecimento científico e os aprendizes, ajudando-os a conferir sentido pessoal à maneira como as asserções do conhecimento são geradas e validadas (DRIVER et al,1999, p. 33).

Acredito que o ensino de Física, assim como de todas as outras disciplinas do ensino básico, deve ser conduzido de forma que se torne parte integrante da vida do estudante. Além de simplesmente tomar conhecimento da abrangência de cada disciplina, o ensino deve contribuir para a forma como esses aprendizes pensam e agem. Diante dessa perspectiva que também é contemplada em documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL,1998) o ensino por investigação é apropriado para construção das aulas de ciências, uma vez que a principal intenção dessa perspectiva é proporcionar a autonomia do pensamento dos aprendizes através de atividades que sejam coerentes com o cotidiano dos mesmos.

As diretrizes apresentadas pelos PCNs abordam as competências e habilidades que os estudantes devem apresentar ao final do ensino básico. Na seção que se refere

ao ensino de Física há competências que se referem claramente à necessidade da investigação ser abordada nas aulas dessa disciplina, bem como a apresentação dos fenômenos físicos, a linguagem própria dessa área de conhecimento, entre outros fatores relevantes.

[...] há competências relacionadas principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da linguagem física e de sua comunicação, ou, finalmente, que tenham a ver com sua contextualização histórico e social. (BRASIL, 1998, p. 59)

A Física pode colaborar para a formação mais ampla dos estudantes não somente pelos conteúdos que ela abrange, mas também pela forma característica de resolver certos problemas dessa disciplina. Aprender a organizar uma investigação a cerca da solução de uma questão, tentando aproximar esse perspectiva da forma com os cientistas conduzem suas pesquisas, pode contribuir para a forma como os aprendizes organizam as soluções de outros tipos de problemas em suas vidas. As atitudes prescritas para um bom aluno investigador nas aulas de ciências são as mesmas indicadas para quem busca resolver alguma questão na vida, na verdade esse é um dos padrões de conduta que já seguimos.

A existência de investigação não constitui questão sujeita a dúvida. Elas estão em cada setor da vida e em cada aspecto de cada setor. No viver diário homens examinam, resolvem as coisas intelectualmente, inferem e julgam de modo tão “natural” quanto ceifam e semeiam, quanto produzem e trocam mercadorias. (DEWEY, 1980, p.56)

Os resultados pouco significativos em relação à disciplina de Física são dignos da atenção não somente dos professores, mas também dos provedores das políticas públicas e dos pesquisadores da área de ensino de Física nas Universidades. A minha preocupação com o rumo da vida estudantil dos meus alunos sempre esteve presente desde a elaboração das aulas até a minha conduta dentro da sala, contudo os recursos que eu tinha acesso não pareciam suficientes para causar uma mudança significativa nos resultados apresentados ao final de cada trimestre. Sendo assim tornou-se necessário haver um aprimoramento do meu conhecimento sobre o ensino e principalmente sobre o ensino de Física. Movida por essa expectativa, busquei a continuação na minha formação como professora que me permitiu conhecer o ensino por investigação. Essa perspectiva de ensino foi de encontro às minhas inquietações e possibilitou a reinvenção da minha prática como professora.

Conduzir uma aula considerando que o aluno deve ser o principal condutor da sua aprendizagem exigiu que eu reinventasse meus hábitos desde a elaboração das atividades das aulas até a minha atuação durante a aula.

[...] muito mais do que saber a matéria que está ensinando, o professor que se propuser a fazer de sua atividade didática uma atividade investigativa deve tornar-se um professor questionador, que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passe de simples expositor a orientador do processo de ensino. (AZEVEDO, 2007, p. 25)

O relato deste trabalho organizado em uma dissertação será apresentado respeitando a seguinte estrutura. No capítulo 2, trago a revisão bibliográfica, na qual apresento uma fundamentação histórica e filosófica da perspectiva do ensino por investigação. Também apresento motivação da escolha da teoria sociocultural de Vigotski para orientar a elaboração e conduta desse trabalho. Caracterizo essa perspectiva de ensino investigativo e discuto os aspectos considerados relevantes para o desenvolvimento, bem como as dimensões de conhecimento conceitual, procedimental e atitudinal mobilizadas nessa perspectiva de ensino.

No capítulo 3 apresento o percurso metodológico dessa pesquisa, iniciando pelos objetivos deste trabalho, seguido da caracterização da escola onde a pesquisa foi implementada, bem como os estudantes que dela participaram. Depois apresento como estabelecemos a escolha e elaboração das etapas das atividades de forma que respeitássemos o currículo em curso da escola. Neste capítulo também apresento como nos utilizamos das atividades investigativas e os materiais produzidos a partir delas para coletarmos os dados desta pesquisa. A última seção do capítulo de metodologia foi destinado à discussão dos critérios utilizados para a análise dos dados.

No capítulo 4 apresento a análise e discussão dos dados. Esta análise foi destinada à avaliação dos êxitos e dificuldades apresentados ao longo de todo o processo de implementação das duas unidades que comporam esse trabalho. O último capítulo retoma os casos mais relevantes apresentadas no capítulo anterior buscando apresentar possíveis soluções para as dificuldades encontradas nessas situações. Também discuto algumas vantagens da utilização do ensino por investigação sobre o ensino tradicional e algumas considerações que surgiram a partir da análise do processo e dos materiais produzidos nesse trabalho de pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO.

A história nos mostra que existe uma interrelação entre as mudanças que ocorrem nos meios político, econômico, religioso, filosófico e científico, sendo assim o conhecimento científico sofreu e causou alterações apreciáveis desde a sua fundamentação até o momento presente e também foi alterado de acordo com os interesses de cada período da história. O acesso à escola, por muitos séculos, foi privilégio dos filhos dos senhores das classes mais abastadas, pois estes podiam poupar sua prole do trabalho na terra, diferentemente da maioria da população que necessitava da ajuda dos filhos como reforço de mão de obra. Durante o período da industrialização seguido da Revolução Industrial passou a ser necessário que houvesse alguma capacitação para que os operários pudessem lidar com as máquinas que manuseariam. Nesse momento histórico a escola abriu espaço para uma maior quantidade de indivíduos, contudo o objetivo dessa escolarização era simplesmente o ensinamento de técnicas para que pudessem executar docilmente o trabalho que lhes cabia, atendendo prontamente as regras, as ordens e os horários (ZOMPERO; LABURU, 2011).

O surgimento e expansão da sociedade capitalista reforçaram e disseminaram esse modelo de ensino utilizado até a contemporaneidade em todos os níveis da educação conhecido como modelo Tradicional ou Expositivo. Tal modelo foi adequado para dar formação a população das classes operárias, posição social ocupada pela maioria da população mundial. O século XX trouxe consigo o advento de novas teorias filosóficas ajustadas a uma nova sociedade que crescia rápida e desordenadamente. Na primeira metade deste século destacam-se as ideias do filósofo John Dewey, que se posicionou contrário ao modelo tradicional, defendia um modelo educacional em que não resumisse o ensino à simples transmissão de informações, mas que a escola fosse o espaço onde os estudantes pudessem se apropriar de saberes e habilidades que seriam incorporados à sua vida. No entanto, a Guerra Fria e a corrida espacial trouxeram a necessidade da criação de um grupo especial intelectual científico e tecnológico com o objetivo de potencializar os

aparatos de uso militar, reforçando a manutenção do modelo tradicionalista de ensino. A rigidez do ensino tradicional foi mantida, mas houve uma reformulação das diretrizes do modelo conhecido no século XIX. Josef Schwab, um dos principais pensadores desse movimento, acreditava que o conteúdo e a prática eram inseparáveis, sendo indispensável que os alunos fossem alfabetizados na cultura científica de forma que aprendessem também como os cientistas chegam aos resultados de suas pesquisas. Seguindo essa metodologia o estudante passou a ser estimulado a procurar soluções de problemas inerentes à vida em sociedade, dando aos aprendizes mais autonomia e formando cidadãos com uma visão mais crítica para analisar os problemas sociais que os rodeavam (ZOMPERO; LABURU, 2011).

O mundo mudou sucessivas vezes e o acúmulo de experiências e conhecimento culminou na evolução da indústria e seus respectivos impactos. Hoje vivemos na era digital apropriada pela evolução tecnológica, em que a velocidade e volume de informações movimentam todos os meios da sociedade, no entanto os métodos de ensino utilizados pelos educadores não parece ter evoluído na mesma proporção que os demais âmbitos da sociedade.

Esse apanhado histórico inspirado na revisão apresentada por Zompero; Laburu (2011) nos permite concluir que há mais de um século existem esforços para impulsionar uma mudança nas práticas utilizadas em sala de aula. A forma como vivemos exige que as pessoas, ao se depararem com um problema, saibam refletir sobre suas causas, consigam traçar possíveis estratégias de solução a partir das fontes de conhecimento disponíveis, e principalmente, tenham habilidade para trabalhar em colaboração com outras pessoas. Essas características comportamentais não são aprendidas nos conceitos de nenhuma disciplina escolar, no entanto algumas práticas educacionais podem favorecer o ensino de atitudes, e nesse trabalho apresentaremos a que está mais ajustada ao ensino de ciências.

O ensino da disciplina de Física realizado através de atividades investigativas permite que os estudantes vivenciem situações genuínas de produção de conhecimento científico (MUNFORD; LIMA, 2007). Não estamos querendo dizer com isso que os estudantes são tratados nessa perspectiva como “pequenos cientistas”, isso porque a realidade das pesquisas científicas exige dos seus executores

determinadas atitudes que não podem ser reproduzidas integralmente, uma vez que a natureza da investigação científica de um pesquisador tem motivações bem distintas das que levam um professor a conduzir uma investigação com seus estudantes. A realização de uma investigação científica é posterior a longos períodos de estudos, reflexões, discussões, planejamento e geralmente em assuntos muito específicos. Certamente não é possível atingir tamanha profundidade em um dado tema com alunos de uma série de um segmento do ensino básico, no entanto podemos nos apropriar de algumas dessas características (MUNFORD; LIMA, 2007).

[...] aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos – uma prática talvez mais apropriadamente denominada estudo da natureza – nem de desenvolver e organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos mediante eventos discrepantes. Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento (DRIVER ET AL., 1999, p.36).

O termo ensino por investigação não tem uma definição unanime nem no cenário norte americano, país onde houve efetiva consolidação dessa perspectiva de ensino. No entanto, em seus documentos oficiais apresentam uma tendência bem estabelecida, destacando-se o documento “Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem” (Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning), elaborado em 2000.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais PCNs (BRASIL, 1998) apresentam orientações para um ensino com enfoque investigativo, no entanto não são explícitas e detalhadas como foram apresentadas no Inquiry. O ensino por investigação se tornou objeto de estudo e pesquisa muito recentemente no Brasil, se comparado com outros países que iniciaram esse processo ainda na década de 80. No cenário nacional podemos destacar os trabalhos apresentados por Gomes; Borges, 2004; Azevedo, 2004; Carvalho, 2004; Munford; Lima, 2007; Trópia, 2011. Apenas o estado de Minas Gerais conta com um curso de pós graduação *lato sensu* a distância voltado especificamente para o estudo e divulgação do ensino por

investigação, denominado (ENCI), ou Especialização em Ensino de Ciências por Investigação, desde 2005 vem mobilizando pesquisadores experientes e seus alunos de mestrado e doutorado.

Zompero; Laburu (2010) apresentam algumas das características em comum obtidas a partir da análise dos trabalhos de diversos autores como Watson (2004); Newman (2004); Azevedo (2006); Carvalho (2006); Duschl (2009), mesmo todos tendo diferentes abordagens sobre as atividades investigativas. Entre elas, temos: todas as atividades se iniciam com a apresentação de um problema seguido do levantamento de hipóteses, fase em que fica evidente os conceitos espontâneos dos alunos; a necessidade da procura por informação, seja através da realização do experimento ou em livros; a apresentação dos resultados obtidos com a investigação para os outros colegas da turma, nessa etapa fica evidente a importância da comunicação do conhecimento assim como é feito pela comunidade científica.

As atividades desenvolvidas no ensino investigativo sempre tem como ponto de partida a proposição de questões problematizadoras, abrindo para os estudantes a possibilidade de reflexão e debate de ideias a respeito de um assunto. Segundo Bachelard (1996, p.18) “Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”.

Iniciado o processo de resolução da questão os estudantes, organizados em pequenos grupos, passam para a fase da elaboração de hipóteses, que os levarão a solução do mistério por trás da questão. Essa distribuição em grupos com pouco integrantes incentiva um trabalho colaborativo entre os estudantes, favorecendo as habilidades de argumentação, reflexão, discussão e explicação. Apesar de todos os grupos estarem ao mesmo tempo diante da mesma tarefa, nem todos apresentam o mesmo envolvimento e colaboração. Alguns grupos apresentam características mais competitivas, em outros há maior participação de alguns integrantes do que de outros e também há aqueles que simplesmente querem cumprir a tarefa no menor tempo possível sem procurar assimilar os conceitos envolvidos na atividade (BOXTEL; LINDEN; KANSELAAR, 2000 apud FARIA 2004).

Alguns aspectos relevantes que podem ser trabalhados em uma atividade de investigação são ressaltados por Gil ;Castro (1996 apud AZEVEDO, 2004, p.23) , entre eles, temos que “[...]considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento de situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes”.

Espera-se desta proposta de ensino a promoção da autonomia do pensamento dos estudantes e para isso o professor também deve assumir uma nova atitude frente ao processo de aprendizagem de seus alunos, tornando-se um guia, acompanhando as discussões, instigando os alunos com novas questões, e ajudando-os nessa tarefa de ressignificação dos conceitos que forem aparecendo na elaboração das hipóteses. Nessa perspectiva o professor assume o papel de um mediador, um negociador que colabora com os debates e faz as intervenções necessárias para manter a coerência das ideias dos seus alunos (AZEVEDO, 2004).

O procedimento de solução de uma questão aberta ou da elaboração do relatório de um experimento/simulação computacional, na perspectiva do laboratório aberto, é praticamente o mesmo até a fase do levantamento de hipóteses. A partir desse momento as questões abertas exigem dos estudantes a escrita de um texto dissertativo como resposta, já os experimentos/simulações necessitam de mais etapas de trabalho conforme apresentado adiante (AZEVEDO, 2004).

As demonstrações experimentais investigativas são diferentes das duas possibilidades já apresentadas, pois não contam com um registro de atividade feita pelos alunos. Essas demonstrações são feitas pelo professor e partem sempre de um problema e levam a uma investigação sobre algum fenômeno. Os alunos se envolvem no levantamento de questões e hipóteses, mas apenas no nível do debate (AZEVEDO, 2004).

Neste trabalho os relatórios produzidos pelos estudantes foram chamados de planos de investigação e são compostos por todas as etapas sugeridas por Azevedo (2004):

Proposta do problema – feito necessariamente na forma de pergunta.

Levantamento de hipóteses – após a leitura do problema por todos integrantes do grupo iniciam-se os debates sobre as possibilidades de solução do problema.

Elaboração do plano de trabalho – nessa etapa os alunos passam para o papel os objetivos da investigação, as hipóteses e como manipularão a simulação ou o experimento para chegar aos objetivos de solução.

Montagem do arranjo experimental – essa etapa é fundamental para o contato dos alunos com o experimento ou simulação, tendo a oportunidade de verificar ou não suas hipóteses. Nesse momento o professor deve averiguar se as montagens estão corretadas e se os dados estão sendo coletados de maneira satisfatória.

Análise dos dados e conclusão – esse momento é tão importante quanto o levante das hipóteses, pois agora os estudantes devem confrontar suas ideias iniciais com os fatos observados com o experimento ou simulação. A escrita da conclusão exige dos alunos uma revisão das suas hipóteses.

O direcionamento das ações em etapas da solução de uma questão acompanhada de um experimento ou simulação computacional foram apresentadas por Borges (2002) no quadro abaixo, resumindo o processo cíclico que essa tarefa envolve. Muitas vezes ao confrontar as hipóteses levantadas com os dados empíricos os alunos têm que retomar sua investigação do ponto inicial. Esse processo de avaliar os resultados a luz da realização do experimento permitindo repensar/rever o entendimento sobre o fenômeno envolvido do problema permite aos alunos um desenvolvimento dos conceitos acerca do tema em questão.

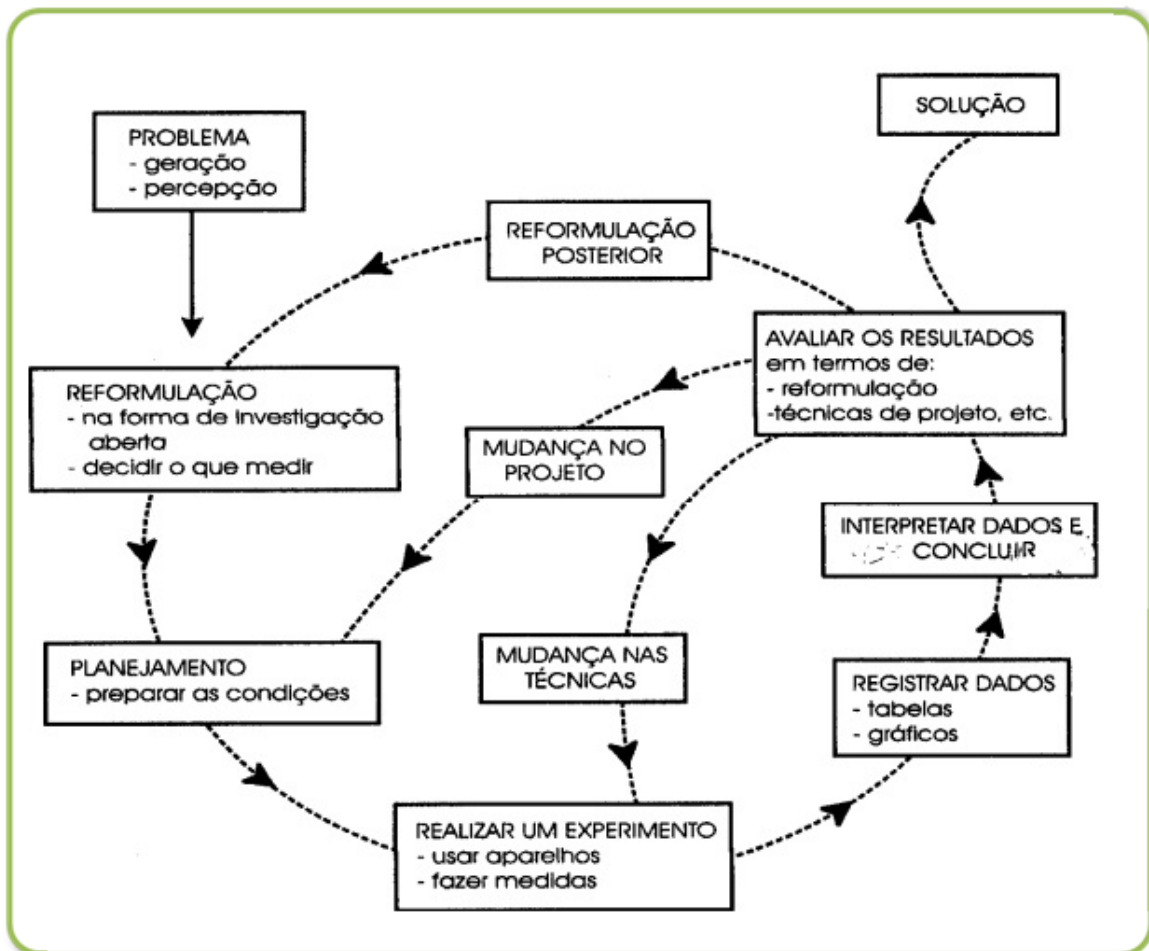


FIGURA 1 – Esquema de solução de um problema
Fonte: (BORGES, 2002, p309)

O problema elaborado pelo professor conduz todo o trabalho dos estudantes, então nós professores devemos ter grande conhecimento sobre o tema trazido na questão para que esta possa ser o mais clara possível, proporcionando a reflexão e envolvimento dos estudantes com o assunto. Quando trabalhamos nessa perspectiva devemos estar abertos para valorizar as respostas dos estudantes e conduzir questionamentos para que os que tiverem respostas erradas consigam refletir sobre seu erro e, dessa forma, buscar novos/outros conhecimentos e diferentes formas para resolver o problema proposto.

O grau de abertura das atividades pode variar de acordo com as preferências do professor para a atividade em questão e também devido à habilidade dos estudantes em lidar com esse tipo de tarefa. Alunos que já realizaram outras atividades na perspectiva investigativa terão mais facilidade para realizarem esse trabalho

independentemente. O grau de abertura é determinado pelo nível de informações fornecidas no roteiro preparado para a atividade. Borges (2002) apresenta 4 níveis de investigação, sendo que no nível 0 são fornecidos os problemas, os procedimentos e as conclusões, situação próxima às exposições de experimentos feitas pelos professores para ilustrar alguma teoria durante suas aulas. O nível 1 apresenta uma situação que se assemelha ao laboratório tradicional, na qual a tarefa dos estudantes se restringe a seguir os procedimentos, coletar os dados e produzir as conclusões a partir da análise dos dados coletados de forma a responder ao problema também apresentado no roteiro. O nível 2 pode ser considerado o primeiro em que os estudantes se tornam responsáveis pela elaboração do plano de trabalho que conduzirá a investigação, pela escolha dos dados que serão coletados e como serão analisados de forma a produzir as conclusões necessárias para responder ao problema fornecido pelo roteiro. No nível 3 os estudantes são responsáveis por todas as etapas, tendo liberdade para escolher as questões, determinar quais procedimentos serão adotados na coleta de dados, como esses dados serão analisados e quais são suas conclusões, cabendo ao professor fornecer apenas o tema sobre o qual todo o processo investigativo será conduzido.

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

FIGURA 2 - Níveis de investigação no laboratório de ciências

Fonte: (BORGES, p 306, 2002)

Entre os três equívocos mais comuns sobre o ensino de ciências por investigação está justamente o que diz respeito ao grau de abertura dos problemas. Não são todas as atividades e situações que são propícias para o nível máximo de abertura, e nem por isso a tarefa perde a caracterização de ensino por investigação (MUNFORD; LIMA, 2007).

As atividades que constituíram a intervenção que aqui apresento foram desenvolvidas fundamentalmente seguindo as perspectivas de Borges(2002) e Azevedo(2004). Desenhamos atividades com diferentes características e níveis de abertura, respeitando a adaptação dos estudantes às peculiaridades dessa perspectiva de ensino. Não tivemos nenhuma atividade com o nível 3 de abertura, pois precisaríamos de um maior amadurecimento dos estudantes nessa prática, o que não foi possível dentro das limitações de temporais para uma pesquisa de mestrado.

2.2 APRENDIZAGEM CIENTÍFICA EM UMA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL

As teorias construtivistas foram elaboradas a partir de pesquisas que procuraram explicar como se dá a produção do conhecimento científico. Existem diversas teorias construtivistas de aprendizagem. No entanto, parece haver uma singularidade entre todas elas no que diz respeito ao conhecimento cotidiano dos aprendizes. Todas consideram que esse conhecimento tem grande influência no processo de aprendizagem e que o envolvimento ativo do aprendiz também é uma peça fundamental nesse processo, então apesar de apresentarem formas distintas de condução para o aprendizado, parecem ter o mesmo ponto de partida (MOREIRA, 1999).

Este trabalho foi pensado e organizado em concordância com a perspectiva filosófica/epistemológica sociocultural, pois acreditamos que o processo de ensino em ciências deverá considerar que a aprendizagem nessa área envolve a introdução dos aprendizes em um novo contexto discursivo, envolvendo a apropriação de linguagens, conceitos e práticas inerentes a essa cultura.

Nessa tradição, o processo de conceitualização é equacionado com a construção de significados (VYGOTSKY, 1987), o que significa que o foco é no processo de significação. Os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos, criados na interação social e então internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados (MORTIMER, 2002, p.284).

As teorias construtivistas que versam também sobre a aprendizagem têm muitos pontos comuns, no entanto Mortimer (1996) chama atenção para duas características compartilhadas sobre os aspectos mais relevantes a respeito do processo de aprendizagem dos estudantes. Uma delas ressalta que deve haver envolvimento ativo do aprendiz no processo de construção do conhecimento e a outra se refere à importância do conhecimento prévio dos aprendizes nesse processo.

De acordo com Dewey (1980), no universo há um conjunto infinito de elementos que se relacionam da maneira mais diversa possível. Tudo existe em função dessas relações. Isso evidentemente ocorre também com as pessoas. Quando a criança chega à escola, ela já vivenciou muitas experiências, por isso, esse agir e reagir amplia-se, e as experiências se reconstróem por meio das reflexões. (ZÓMPERO; LABURÚ, 2011, p. 69)

O que fazer com esse conhecimento? Tentar substituí-lo pelo conhecimento científico apresentado na escola parece não ser a solução, uma vez que, quando colocado diante de uma situação desconhecida, o aprendiz tende a responder de acordo com aquilo que lhe é mais familiar, ou seja, utiliza-se do conhecimento adquirido em seu cotidiano (MORTIMER, 1996).

A instrução formal obtida na escola com seus conceitos científicos não descarta os saberes adquiridos ao longo da vida do estudante, nem tenta substituí-lo, ou promover uma evolução do mesmo, mas mostra ao aprendiz que existem determinadas situações nas quais cada saber, cada forma de linguagem é passível de aceitação, como sinaliza Mortimer (1996), “o desenvolvimento paralelo de ideias resulta em explicações alternativas que podem ser empregadas no momento e situação apropriados” (p.8).

Podemos tentar definir o perfil conceitual como um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado - pelo menos no contexto da educação científica - são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que para cada conceito em particular tem-se um perfil diferente (MORTIMER, 1996, p. 13).

Para Vigotski os conceitos espontâneos (cotidianos) e os conceitos não espontâneos (científicos) não entram em conflito, na verdade fazem parte de um

mesmo processo. Apesar de possuírem origens e motivações distintas esses conceitos exercem influência um sobre o outro por meio da interrelação estabelecida entre eles. Os conceitos científicos são adquiridos através da interação com outro indivíduo, sendo esses sempre mediados por outros conceitos; já os conceitos espontâneos são formados e desenvolvidos a partir da experiência pessoal, não possuindo uma organização consistente.

Os conceitos científicos, por seu turno, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança rumo à consciência e à utilização deliberada. Os conceitos científicos desenvolvem-se para baixo, através dos conceitos espontâneos; os conceitos espontâneos desenvolvem-se para cima, através dos conceitos científicos. (VIGOTSKI, 1987, p.108).

Entre os artefatos sociais e culturalmente construídos, a linguagem aparece como o mediador principal no processo de internalização dos demais instrumentos apresentados aos estudantes ao longo de sua vida escolar. A linguagem deve ser compreendida como o artefato cultural importante não somente como dispositivo que possibilita a comunicação entre os indivíduos, mas, primordialmente, como responsável pela transformação da mente Vigotski (1987).

Dentro dessa perspectiva, o professor deve evidenciar as fronteiras dos saberes do cotidiano, afinal o ambiente escolar exige uma cultura que é própria desse espaço e preocupando-se sempre com a linguagem utilizada nesse processo. Além de ser o mediador entre esse conhecimento científico e os estudantes. Ensinar algo novo é uma tarefa complicada, pois as turmas, mesmo compostas por alunos quase da mesma idade, são sensivelmente heterogêneas se considerarmos o desenvolvimento real dos aprendizes.

A tarefa de mediação do professor deve aparecer justamente nessa transição entre o desenvolvimento real e o potencial, chamada zona de desenvolvimento proximal:

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração de companheiros mais capazes (VIGOTSKI, 1984, p.97).

Introduzir os estudantes no universo dos conceitos científicos faz necessário que os aprendizes sejam apresentados a essa nova forma de percepção do mundo,

mostrando-os o significado de tantos novos conceitos, símbolos e convenções de uma comunidade que até então era desconhecida por eles. Dessa forma, podemos pensar no processo de aprendizagem como um processo de enculturação no qual o indivíduo entra em contato com as peculiaridades de uma nova cultura (CARVALHO; TINOCO, 2006; PENHA; CARVALHO; VIANNA, 2009; MORTIMER; MACHADO, 1996; MORTIMER, 1996). Para essa introdução o aprendiz conta com a ajuda de membros mais experientes, no caso da dimensão escolar, o professor é o responsável por essa apresentação.

Através da intervenção e negociação o professor deve auxiliar os estudantes nessa descoberta que está além dos seus conhecimentos consolidados (zona de desenvolvimento real). A mediação do professor também deve ser estabelecida quando nos pautamos no ensino por investigação, pois durante o processo da busca por uma explicação que solucione o problema os estudantes passam pela fase do levantamento de hipóteses, no qual a presença do professor ou colega mais capacitado é fundamental para o direcionamento no sentido que levará à solução do problema.

2.3 APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA (AS DIMENSÕES CONCEITUAL, ATITUDINAL E PROCEDIMENTAL)

Os encontros dos professores da área das ciências da natureza são sempre marcados por uma torrente de reclamações sobre a performance dos estudantes em suas aulas. Seja pela dificuldade com a teoria, seja pelo comportamento dos alunos, parece ser unânime a opinião de que ensinar ciências é uma tarefa cada vez mais complexa. Nós professores muitas vezes nos sentimos potencializados a ensinar teorias e conceitos, técnicas para lidar com equações, mas pouco seguros a ensinar atitudes e procedimentos que são conteúdos que fazem parte do currículo das ciências, ou melhor dizendo, fazem parte do contexto sociocultural da sala de aula de ciências. Dessa forma, além dos conceitos torna-se importante ensinar procedimentos e atitudes já que “aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de

pensar e de ver o mundo, em última análise, um processo de “enculturação” (MORTIMER,1996,p.4).

O ensino das atitudes não ocorre da mesma forma como o ensino de teorias ou modelos. Seu objetivo, assim como os demais conteúdos, é conseguir a maior estabilidade possível em suas mudanças, em promover tolerância, cooperação, interesse pela ciência, curiosidade e espírito de indagação, rigor e precisão, respeito a fala do colega (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009). Essas atitudes podem ser favorecidas pela prática do próprio professor em sua postura e conduta em sala de aula. Os alunos podem imitar o professor em sua forma de buscar a solução para um problema, através de indagações, hipóteses, reflexão ou procurando ajuda em um livro.

Dessa forma, as atividades científicas escolares devem promover uma mudança na forma como os alunos veem e entendem a ciência, passando a enxergá-la como um produto da construção social, sendo algo contínuo e fruto de conflitos, e não como um produto estático. Pozo; Gómez Crespo (2009, p 37), “concebendo, em resumo, a ciência mais como uma forma de fazer perguntas do que como uma resposta já dada”.

O ideal seria se a prática se tornasse um valor do aprendiz sendo introduzidas ao seu cotidiano. Essas mudanças mais profundas só podem ser alcançadas se forem transformadas numa prática recorrente, não somente nas aulas das disciplinas de ciências, mas em todo o ambiente escolar.

Assim como o ensino das atitudes, ensinar procedimentos é uma tarefa que não está interessada no ‘saber o que’ e sim no ‘saber como’ e que é aprendida gradualmente, a medida que é colocada em prática. Em uma aula experimental tradicional os estudantes recebem um roteiro no qual existe uma sessão de procedimentos, indicando cada passo que o aluno deve seguir na montagem do experimento e quais dados deve coletar, restando apenas para os aprendizes a elaboração da conclusão.

Nas práticas com experimentos ou simuladores computacionais nas quais os estudantes recebem apenas uma questão-problema como norteador de sua investigação, os procedimentos da mesma ficam a cargo dos aprendizes. Tarefas

como definir objetivos, traçar estratégias, determinar quais dados serão coletados, averiguar se estas hipóteses são válidas ou não, são conteúdos tão importantes quanto o conhecimento científico mobilizado para a solução do problema. Entendemos problema como “uma situação relativamente aberta em que sabemos onde estamos e onde queremos ir, mas não sabemos exatamente como chegar lá”(PÉREZ ECHEVERRÍA; POZO, 1994 apud POZO; GOMÉZ CRESPO, 2009, p. 52).

Quando introduzimos essa prática com nossos estudantes devemos auxiliá-los sempre que for necessário, todavia com o passar do tempo nossa assintência deverá se tornar cada vez menos necessária, favorecendo a autonomia dos estudantes.

Alcançar essa harmonia entre esses três conteúdos que compõem o currículo da educação científica requer que haja primeiro uma mudança na nossa postura na sala de aula. Algumas atitudes e procedimentos já estão implícitos na prática docente, no entanto, precisam entrar como compromissos dos planejamentos semanais, assim como as demais atividades que pretende-se realizar posteriormente em sala com os alunos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa que apresentamos classifica-se em seus objetivos como uma pesquisa explicativa, uma vez que, buscou-se tornar inteligível alguns motivos pelos quais o ensino com enfoque investigativo pode favorecer a aprendizagem em ciências. Quanto aos meios utilizados em sua realização, ela pode receber três classificações: é uma pesquisa bibliográfica na medida em que livros, artigos científicos, além de dissertações e teses que já houverem versado sobre inquietações próximas às que a movem foram utilizados no seu decorrer; é uma pesquisa de campo pelo fato de que ela aconteceu no mesmo local em que foram observados os resultados da intervenção aplicada; por fim, é um estudo de caso porque foi aplicada em uma única Escola Estadual do Estado do Espírito Santo. Na seleção da amostra dos sujeitos que fizeram parte da pesquisa, optamos por incluir todos os estudantes das turmas em que estive lecionando a disciplina Física em 2012 na Escola Estadual que

sediou a pesquisa para observação na coleta dos dados. Como percebido na descrição dos procedimentos do andamento da pesquisa, o instrumento de coleta será a observação participante, já que, juntamente com a observação do impacto da intervenção educacional, far-se-ão também intervenções por parte do pesquisador (GIL, 2010).

A investigação apresentada como narrativa traz a possibilidade de formação pela reflexão, uma vez que, a organização das suas impressões sobre os episódios ocorridos ao longo da pesquisa pode levar a uma nova compreensão crítica de suas práticas (CUNHA, 1997).

3.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

3.1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar/analisar os efeitos da intervenção educacional com enfoque no ensino por investigação sobre a aprendizagem dos estudantes.

3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver unidades de ensino investigativas para abordagem dos temas Termodinâmica e Óptica;
- Avaliar o entendimento conceitual dos estudantes durante a intervenção educacional.
- Analisar os conhecimentos atitudinais e procedimentais adquiridos pelos estudantes durante a intervenção educacional

3.2 CARACTERIZANDO A ESCOLA E OS SUJEITOS PARTICIPANTES DO ESTUDO

A pesquisa foi conduzida em oito turmas da segunda série do ensino médio do ano de 2012, as quais duas pertencem ao turno matutino e seis pertencem ao turno vespertino. As atividades foram realizadas durante as minhas aulas de Física em uma escola pública estadual. Essa escola possui uma localização geográfica central

na região metropolitana da Grande Vitória, recebendo alunos oriundos de todas as cidades do entorno da capital.

A escola atende vinte e duas turmas em cada um dos turnos diurnos e oito turmas no noturno, totalizando cinquenta e duas turmas de ensino médio, das quais quatorze são segundos anos. A seleção das turmas participantes da pesquisa não foi aleatória, uma vez que todas as classes escolhidas têm aulas de física ministradas por mim e, por isso, assumo o papel de professora e pesquisadora nesse trabalho. Essa intervenção também contou como o apoio do aluno Estevão Prezentino Sant'Ana do curso de Licenciatura em Física, que por estar cursando a disciplina de Estágio Supervisionado, participou das atividades realizadas em sala. Durante a realização da unidade de termodinâmica ele colaborou apenas como observador, já na unidade de óptica ajudava com a organização das atividades durante as aulas.

Os alunos que cursavam a segunda série do Ensino Médio no ano de 2012, em sua maioria, também cursaram a primeira série na própria escola e foram promovidos pela aprovação, poucos são repetentes e outros poucos vieram de outras escolas. As turmas escolhidas foram as que eu ministrava aula, então, entre as quatorze turmas de segundo ano existentes na escola no ano de 2012, foram participantes no turno matutino 2M1 e 2M2, e no turno vespertino as turmas 2V2, 2V3, 2V4, 2V5, 2V6 e 2V7. Em cada turma, o número de estudantes variava entre 25 e 35 alunos, totalizando 236 alunos participantes das atividades que integraram a pesquisa. Em cada turma os alunos foram divididos em cinco grupos, dessa forma o número de integrantes em cada grupo variava entre as turmas, pois cada uma delas têm diferente número de alunos. Esses grupos foram mantidos em todas as etapas da pesquisa realizando coletivamente as tarefas de cada atividade.

As duas turmas do matutino participaram das atividades desenvolvidas na pesquisa, no entanto, os dados obtidos com as mesmas não foram analisados, pois essas turmas tinham características diversas das demais; pelo fato de terem aulas geminadas tiveram uma dinâmica de trabalho diferente.

3.3 LÓGICA DA INVESTIGAÇÃO

As etapas da pesquisa foram organizadas a partir da necessidade de adequar o currículo adotado pela escola para a segunda série do Ensino Médio à inserção de uma nova perspectiva de ensino para apresentar o conteúdo contemplado nesse currículo.

A forma como esse trabalho de pesquisa foi conduzido será apresentada detalhadamente nas próximas sessões desse capítulo, mostrando todas as ações desenvolvidas ao longo do trabalho. Nesse momento será explicado o tipo de pesquisa, os instrumentos utilizados e o tempo necessário para a execução de cada etapa.

3.3.1 ESTUDO I: UNIDADE DE TERMODINÂMICA

A unidade de Termodinâmica foi utilizada com o intuito de introduzir a prática de trabalhar numa perspectiva investigativa. Dessa forma, o principal objetivo dessa etapa do trabalho, foi produzir primeiramente uma mudança atitudinal nos estudantes e na minha prática como professora. A escolha do tema para essa unidade foi feita buscando a harmonia entre a pesquisa e o conteúdo que vinha sendo trabalhado dentro do currículo de Física do segundo ano do Ensino Médio.

No ano de 2012 adotou-se a coleção Quanta Física como livro texto. Essa mudança foi positiva por se tratar de um livro com uma abordagem conceitual mais abrangente indo de encontro às diretrizes estabelecidas pelo PCNs (BRASIL, 1998), no entanto tivemos que adequar o currículo de Física da escola, sendo necessário adotar um material de apoio, para que as turmas de segundos e terceiros anos não fossem prejudicadas com essa transição, uma vez que a distribuição de conteúdo é diferente da coleção anterior utilizada pela escola. Para as minhas turmas adotei os livros do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) por estarem disponíveis online (<http://www.if.usp.br/gref/termodinamica.htm>) e serem facilmente acessados pelos estudantes, não gerando custos com impressão ou fotocópia do material.

A abordagem didática de todo o primeiro e parte do segundo trimestres de 2012 para o conteúdo de Física Térmica foi feita através de aulas expositivas com

apresentação de experimentos em algumas delas. A única exceção foi uma visita ao laboratório de informática na qual os alunos realizaram uma simulação sobre Efeito Estufa, mas acompanhada de um roteiro detalhando todos os passos a serem seguidos na atividade.

A escolha do tema Termodinâmica implicou na preferência por trabalhar com um Applet Java (http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics) ao invés de um experimento físico, pois essa temática aborda fenômenos microscópicos que não seriam visualizados em sua riqueza de detalhes caso fosse apresentada através de um experimento. O simulador nos permitiu a visualização de diferentes situações sem precisar de muito tempo montando e desmontando aparatos experimentais. A utilização do applet trouxe a demanda da construção de um tutorial para que os estudantes tivessem suporte na compreensão da função de cada ícone apresentado no simulador. Esse tutorial foi impresso e entregue a cada grupo. No tutorial também havia instruções sobre os itens que eram imprescindíveis para a construção de um plano de investigação.

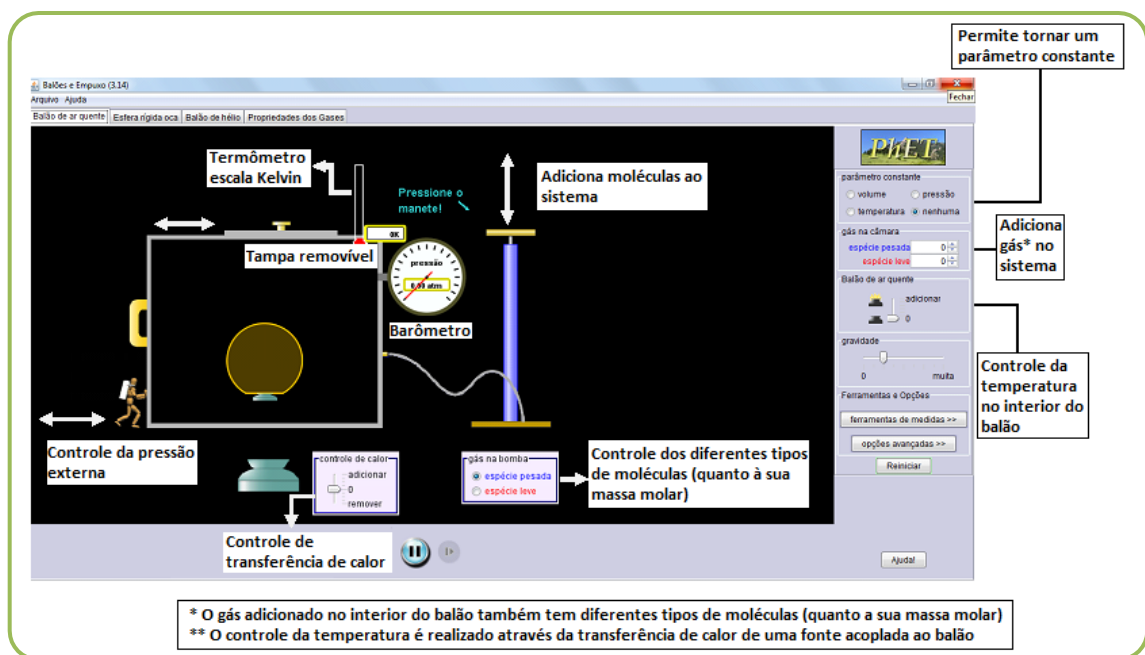


FIGURA 3 - Tutorial da simulação com balões

Fonte: adaptada de <http://phet.colorado.edu/ptBR/simulations/category/physics>

A aula inicial foi reservada para a leitura e discussão do texto 'A grande história de mistério' fragmento do livro A evolução da Física (EINSTEIN; INFELD, 1976). Os

autores fizeram uma associação entre os casos de investigação de detetives criminais apontando as paridades com o trabalho dos cientistas. A analogia estabelecida entre esses ambientes favoreceu a compreensão dos estudantes sobre os aspectos da atividade de investigação, pois utiliza um ambiente culturalmente mais conhecido pelos mesmos, que é comum em filmes, livros e novelas. A discussão do texto foi conduzida por uma apresentação de slides nos quais havia questionamentos que buscavam estreitar ainda mais a relação entre o trabalho de um detetive e de um cientista.

A leitura se mostrou complexa, pois em algumas turmas os alunos reclamaram da linguagem utilizada no texto. Os estudantes não se mostraram muito empolgados com esse tipo de atividade, talvez por ser estranho para eles uma atividade de leitura e debate estar acontecendo na aula de Física, ou por inexperiência minha em conduzir tal atividade. No entanto, em algumas turmas a aceitação foi boa e os estudantes contribuíram com analogias interessantes para a construção de uma investigação. Em uma das turmas mais empolgadas eles associaram a resolução de um problema com a montagem de um quebra-cabeça. Na última turma em que o debate foi realizado não foi possível utilizar a apresentação de slides, pois não havia pilha na escola para usar o controle remoto da televisão, mas isso não impediu que os alunos demonstrassem interesse pelo assunto.

Apontamos nesse trabalho a importância de se pensar intervenções que valorizem a leitura como elemento essencial no processo de mediação das aulas de ciências, isso porque "a leitura de textos didáticos de ciências na escola passa a ser o encontro entre professores, alunos, autores e cientistas, sujeitos da produção do conhecimento e dos discursos científico e escolar" (FREGUGLIA, 2014, p.58).

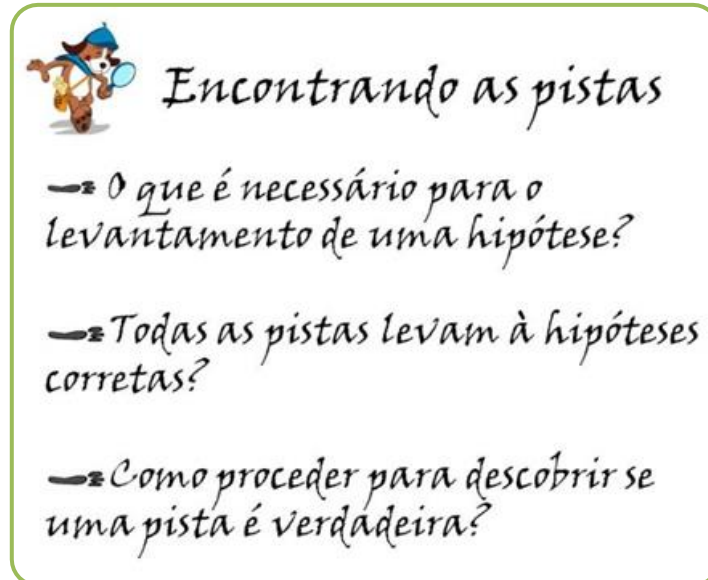


FIGURA 4 - Debate sobre o texto a grande história de mistério

Na segunda aula os alunos receberam o material instrucional para iniciarem as atividades na perspectiva do laboratório aberto, definido por Azevedo (2004) como situações em que os estudantes devem responder uma questão, como nas outras atividades investigativas, contudo nesse caso utilizando um experimento/simulador computacional para a solução do problema. Nesse material havia uma apostila com o tutorial do Applet Java e uma folha avulsa com as questões (envolvendo as situações problemas) que foram estruturantes para a construção dos planos de investigação.

Aos alunos foi solicitada a elaboração de esquemas nos quais apresentariam um desenho de estratégias para solucionar o problema proposto. Nessa estrutura textual também deveriam estar presentes os objetivos da investigação, bem como as conclusões alcançadas após confrontarem as hipóteses iniciais com as observações empíricas. Chamamos esse arranjo de informações, que mobilizaram de formas distintas cada grupo de estudantes, de plano de investigação.

A associação de problemas/questões que estimulam a capacidade e curiosidade dos estudantes pela busca de possíveis soluções à elaboração dos planos de investigação nos permitiu uma avaliação integrada do conhecimento científico factual e procedimental, através da análise dos textos que contém os relatos das possibilidades de investigação de um problema (RODRIGUES, 2008).

Nessa primeira atividade os alunos elaboraram dois planos, pois se tratavam de dois casos distintos, embora ambas as situações requeressem o mesmo objetivo: fazer um balão flutuar. O primeiro caso tratava de um balão de ar quente que deveria flutuar em uma câmara com volume constante.

SITUAÇÃO 1: *Balão de ar quente.*

Problema: Em uma câmara está inserido um balão de ar quente. Pretendendo-se avaliar as condições de flutuação do balão, mantendo-se o **volume constante**, como fazer com que o balão de ar quente flutue dentro da câmara de gás? (O ícone referente ao balão de ar quente deve estar fixado no máximo para iniciar a exploração).

Já o segundo caso tratava de um balão de gás hélio que deveria flutuar em uma câmara que poderia ser preenchida com dois tipos de gás, um da mesma natureza que o hélio e outro com propriedade de massa molar bem distinta. Nesse segundo caso a pressão da câmara deveria permanecer constante durante a manipulação das demais grandezas.

SITUAÇÃO 2: *Balão de hélio.*

Problema: Em uma câmara está inserido um balão de hélio. Pretendendo-se avaliar as condições de flutuação do balão, mantendo-se **a pressão constante**, como fazer com que o balão de ar quente flutue sobre a câmara de gás?

Ao final de cada problema havia um pequeno texto chamando atenção dos estudantes para a necessidade do registro das hipóteses após a discussão do problema pelo grupo antes que a simulação fosse iniciada.

 COLÉGIO ESTADUAL	PLANO DE INVESTIGAÇÃO - ATIVIDADE AVALIATIVA		
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física	Data: /06/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano	
	Valor da prova: 5,0 pontos	Nota:	

⇒ Analisem calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Leia seu plano antes de entregá-lo à professora. / Sempre use o tutorial de utilização da simulação para fazer o levantamento e o teste de hipóteses.

⇒ Deixar todos os argumentos, a forma como os dados serão coletados e resultados obtidos no plano do grupo.

SITUAÇÃO 1: Balão de ar quente.

Problema: Em uma câmara está inserido um balão de ar quente. Pretendendo-se avaliar as condições de flutuação do balão, mantendo-se o **volume constante**, como fazer com que o balão de ar quente flutue dentro da câmara de gás? (O ícone referente ao balão de ar quente deve estar fixado no máximo para iniciar a exploração)

Depois de discutir com o grupo e registrar a (s) possível (is) solução (ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da simulação para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando simulação. Lembrem-se também:

- (i) de cada passo realizado, cada comando acionado na simulação para alterar as condições iniciais do ambiente que é composto pela câmara e pelo balão de ar quente;
- (ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração da simulação. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.



Acessado em 10/10/2012 <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/good-quality-anti-theft-safety-plastic-convex-mirrors-br-shop-201002417.html>

FIGURA 5 - Roteiro para a atividade com balões

Os estudantes necessitaram de aproximadamente três aulas para elaborar os dois planos. Vale ressaltar que os alunos não tiveram contato com o simulador durante a construção dos planos, se valendo apenas do tutorial para guiá-los na manipulação permitida através de ícones que representavam as grandezas físicas.

Nas duas aulas seguintes os estudantes foram levados ao laboratório de informática da escola onde puderam realizar as simulações e escrever suas conclusões, comprovando suas hipóteses iniciais ou refutando-as, nesse caso tendo que elaborar nova tentativa de simulação para atingir o objetivo da flutuação.



FIGURA 6 - Registro das etapas de desenvolvimento da unidade de termodinâmica
Fonte : Própria autora

O material instrucional dessa unidade foi pensado e elaborado visando dar o máximo apoio aos estudantes que estariam pela primeira vez em contato com uma atividade investigativa. Os alunos puderam contar com uma estrutura pré-estabelecida para que eles tivessem toda orientação para montar seus planos de investigação, sabendo quais eram os requisitos necessários para compor uma atividade dessa natureza.

Um plano de investigação deve conter detalhadamente:

- a) O objetivo;
- b) Quais recursos serão utilizados? Eles estão disponíveis?
- c) Como será montada a investigação ou pesquisa? (se achar necessário desenhe);
- d) Quais dados que serão coletados?
- e) Como os dados serão coletados?

Esse modelo poderá auxiliá-los na estruturação do um bom plano de investigação:

- (i) apresentar suas hipóteses para resolução do problema;
- (ii) apresentar como os dados foram coletados e a análise feita a partir deles;
- (iii) apresentar nas conclusões uma revisão das hipóteses, caso não se verificarem deverão procurar novas estratégias para atingir o objetivo.

FIGURA 7 - Instruções fornecida no tutorial para a simulação com balões

Os planos produzidos pelos estudantes foram analisados nas dimensões conceitual e procedimental, uma vez que os alunos deveriam apresentar em seus trabalhos as explicações para a causa da flutuação e quais as sequências de ações que levariam o balão à flutuação dentro da câmara. E para avaliar a dimensão atitudinal foi produzido um diário de campo, no qual eu anotava as falas e/ou atitudes mais relevantes observadas durante a realização de todo o processo.

3.3.2 ESTUDO II: UNIDADE DE ÓPTICA

A unidade foi inicialmente planejada para abordar três temas importantes da óptica: reflexão da luz em espelhos planos, reflexão da luz em espelhos esféricos, refração da luz. O livro da coleção Quanta Física foi adotado como material de apoio sugerido os alunos para fazerem as leituras anteriores às realizações das atividades dessa unidade. O capítulo Luz, imagens e processamento (páginas 79 a 113) aborda todos os assuntos necessários para a condução dessa unidade.

Na primeira aula dessa unidade os alunos foram convidados a dançar a música 'Luz dos olhos' (Nando Reis) de olhos fechados dentro da sala. Houve resistência de alguns, mas, após alguma insistência, todos acabaram dançando, às vezes se trombando com os outros colegas ou com o mobiliário. O intuito dessa atividade foi mostrar para os estudantes como a luz é fundamental para a visão e também como a visão é importante para os humanos até para atividades bem simples.



FIGURA 8 – Alunos fazendo uma dinâmica na primeira aula da unidade de óptica
Fonte: Própria autora.

Na sequência dessa experiência sensorial os alunos retomaram seus lugares e acompanharam a apresentação do conteúdo de propagação da luz distribuído em duas aulas expositivas conduzidas a partir de uma apresentação em Power Point; também foram apresentadas as leis da reflexão da luz nessa mesma sequência. Na terceira aula da unidade os alunos responderam alguns exercícios do livro de física utilizado pela escola.

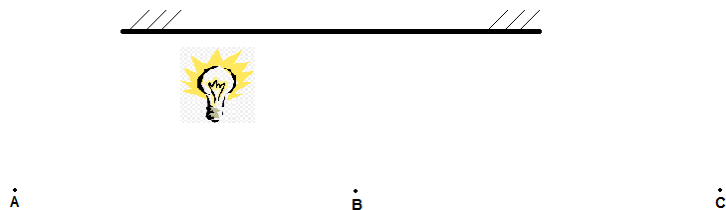
A primeira atividade investigativa desta unidade, cujo tema era espelhos planos, também continha duas questões. No primeiro caso os alunos tinham como objetivo produzir o maior número possível de imagens utilizando dois espelhos planos. No segundo caso os alunos dependiam de uma figura sobre a qual deveriam colocar um espelho plano e descobrir quais dos três observadores situados em frente ao espelho poderiam ver a imagem de um objeto também colocado em frente a esse espelho. As posições do objeto, representado por uma lâmpada, e dos observadores estavam especificadas na figura apresentada no problema.

SITUAÇÃO 1: Associação de espelhos planos

Problema: Qual(is) é(são) a(s) associação(ões) feita(s) com dois espelhos planos para que seja formado o maior número possível de imagens de um objeto colocado entre eles?


SITUAÇÃO 2: Ângulo de reflexão

Problema: Uma lâmpada acesa está em frente a um espelho plano conforme mostrado na figura.



Qual(ais) observador(es) consegue(m) ver a lâmpada pelo espelho?

Depois de discutir com o grupo e registrar a(s) possível(is) solução(ões) para esse problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da do experimento para tentar solucionar o problema proposto.

 COLÉGIO ESTADUAL	PLANO DE INVESTIGAÇÃO - ATIVIDADE AVALIATIVA		
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física	Data: /11/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano	
	Valor da prova: 5,0 pontos	Nota:	

⇒ Analise calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Releia seu plano antes de entregá-lo à professora.

⇒ Deixe todos os argumentos, a forma como os dados serão coletados e resultados obtidos no plano do grupo.

SITUAÇÃO 1: Associação de espelhos planos
 Problema: Qual(is) é(são) a(s) associação(ões) feita(s) com dois espelhos planos para que seja formado o maior número possível de imagens de um objeto colocado entre eles?

Depois de discutir com o grupo e registrar a(s) possível(is) solução(ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da do experimento para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando o experimento. Lembrem-se também:

(i) de cada passo realizado, cada arranjo organizado com os espelhos;

(ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração do experimento. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.

FIGURA 9 – Roteiro da atividade com espelhos planos

Os planos de investigação mantiveram a mesma estrutura fornecida na unidade de Termodinâmica, no entanto para essa atividade foram necessárias apenas duas aulas.



FIGURA 10 – Registro dos alunos realizando os experimentos com espelhos planos
Fonte: Própria autora

Na sexta aula desta sequência os alunos acompanharam uma demonstração experimental investigativa utilizando espelhos esféricos para que visualizassem as características e peculiaridades da reflexão da luz apresentadas pelos espelhos côncavos e pelos espelhos convexos. Essa modalidade de apresentação de experimento é conduzida através da investigação de um fenômeno a partir de um problema (AZEVEDO, 2004).

Na aula seguinte os estudantes realizaram a tarefa de analisar, discutir e apresentar uma solução para duas situações problemas, do tipo questão aberta, relacionadas às utilizações mais comuns para esses dois tipos de espelhos. A primeira era referente ao uso dos espelhos convexos como equipamentos de segurança, e a

segunda era sobre como os espelhos côncavos utilizados por dentistas podem produzir uma imagem ampliada dos dentes. Nas duas questões os alunos deveriam fazer um texto dissertativo-argumentativo justificando essa utilização por meio de argumentos científicos.

SITUAÇÃO 1: *Espelhos como dispositivo de segurança*

Problema: Algumas lojas de conveniência, pequenas mercearias, farmácias, portões de garagem e portas de descida de passageiros em ônibus urbanos costumam ter espelhos localizados geralmente na sua parte superior, seja do estabelecimento ou veículo. Explique qual é a utilidade desse dispositivo para a segurança das pessoas e justifique sua resposta com argumentos fisicamente aceitos.

SITUAÇÃO 2: *Espelhos de dentistas*

Problema: Desde pequenos passamos pelo dramático momento de ir ao dentista. Entre os aparatos desse profissional existe um que não é assustador: o pequeno espelho. Para observar todos os minúsculos detalhes dos dentes, além de uma boa iluminação, o dentista também precisa que esse espelho forneça uma imagem nítida e ampliada. Diga qual é o tipo de espelho utilizado e explique como é possível produzir uma imagem dessa natureza.

Depois de discutir com o grupo e registrar o(s) possível(is) argumento(s) para esse problema redija um breve texto dissertativo com aproximadamente dez linhas explicitando o que foi solicitado.

 COLÉGIO ESTADUAL	QUESTÕES ABERTAS - ATIVIDADE AVALIATIVA		
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física	Data: /12/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano	
	Valor da prova: 5,0 pontos	Nota:	

⇒ Analisem calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Releiam seus textos antes de entregá-los à professora.
 ⇒ Deve todos os argumentos no plano do grupo.

SITUAÇÃO 1: Espelhos como dispositivo de segurança

Problema: Algumas lojas de conveniência, pequenas mercearias, farmácias, portões de garagem e portas de descida de passageiros em ônibus urbanos costumam ter espelhos localizados geralmente na sua parte superior, seja do estabelecimento ou veículo. Explique qual é a utilidade desse dispositivo para a segurança das pessoas e justifique sua resposta com argumentos fisicamente aceitos.

Depois de discutir com o grupo e registrar o(s) possível(is) argumento(s) para esse problema redija um breve texto dissertativo com aproximadamente dez linhas explicitando o que foi solicitado.



Acessado em 10/10/2012 <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/good-quality-anti-theft-safety-plastic-convex-mirrors-br-shop-201002417.html>

FIGURA 11 - Roteiro para atividade com espelhos esféricos

A unidade deveria ter sido encerrada somente após mais três aulas. Tínhamos planejado uma atividade para desenvolvimento de um experimento demonstrativo investigativo (AZEVEDO, 2004), para discutir/problematizar o desvio sofrido por um carrinho guiado por controle remoto ao atravessar transversalmente de um piso limpo para outro sujo com areia. Planejamos também uma atividade que envolvia uma situação física na qual os estudantes deveriam analisar o desvio sofrido por um feixe de laser ao atravessar três líquidos com diferentes densidades (álcool, água, glicerina). Na última aula realizariam o experimento e iriam redigir suas conclusões. Entretanto, essa última parte da sequência não foi realizada devido à falta de tempo imposta pelo calendário da escola. As unidades foram desenvolvidas a partir do meio do segundo trimestre e seguiram até o final do terceiro, havendo atrasos na realização das sequências em algumas partes das unidades devido às atividades internas da escola e por fim tive que respeitar o período de recuperações trimestral e final.

3.4 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

A qualidade de uma estratégia de ensino só pode ser verificada se os sujeitos submetidos ao processo passarem por alguma forma de avaliação. Nós professores tradicionalmente utilizamos as provas para avaliar a qualidade da nossa intervenção. Geralmente essas avaliações são compostas por questões objetivas ou discursivas, recobrando os temas que foram trabalhados ao longo de um dado período. Vale ressaltar que tal tipo de avaliação privilegia exclusivamente a aprendizagem conceitual dos estudantes ao final de uma etapa, não levando em consideração o desempenho do estudante ao longo do processo, tão pouco a importância dos outros conteúdos que são importantes para aprendizagem científica (atitudes e procedimentos).

As unidades de ensino que compõem esse trabalho foram propostas e executadas de forma que ao longo de todo o seu desenvolvimento os alunos fossem avaliados, de diferentes formas. Os planos de investigação elaborados pelos estudantes evidenciam sua aprendizagem nas dimensões conceitual, uma vez que para solucionar o problema e atingir o objetivo da investigação os alunos necessitavam de conhecimento de conceitos físicos e de procedimentos. A forma utilizada para a estruturação nos permite verificar a lógica da sequência e estratégia estabelecida em cada grupo para solução do problema proposto. A dimensão atitudinal também é contemplada nessa modalidade de avaliação, uma vez que deverá haver um posicionamento crítico e reflexivo por parte dos estudantes, uma atitude colaborativa entre os membros do grupo. Para a elaboração de suas conclusões deverão fazer uma revisão/reflexão dos resultados em função das hipóteses iniciais e as evidências empíricas encontradas, atitude que é fundamental para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes (BORGES, 2002).

A intervenção também foi marcada pela escrita de um diário de campo, feito por mim ao longo das aulas. Com base nas informações contidas nesse material pude acessar as atitudes, emoções e expressões apresentadas pelos estudantes durante a execução das tarefas. Dessa forma esse trabalho pretende avaliar diferentes formas de conhecimento envolvidas no processo de aprendizagem dos estudantes ao longo da realização de uma unidade de ensino.

3.4.1 PLANOS DE INVESTIGAÇÃO E QUESTÕES ABERTAS

A proposta do ensino por investigação trouxe consigo a necessidade de utilizarmos formas de avaliação que se adequassem às particularidades de uma sequência de ensino investigativo. Em conformidade com algumas referências sobre o assunto como Azevedo (2004), Pozo; Gómez Crespo (2009), resolvemos adotar os planos de investigação e as respostas dos estudantes às questões abertas.

Os planos de investigação foram os produtos elaborados pelos estudantes durante a realização da simulação computacional e do experimento na perspectiva do laboratório aberto. Seguindo a orientação da literatura, foi elaborada uma estrutura para os planos, fornecida no material instrucional da primeira atividade, que os estudantes deveriam usar como referência. A partir da questão-problema, também fornecida no material instrucional, os estudantes deveriam:

- *fazer o levantamento de hipóteses;*
- *especificar quais eram seus objetivos, e como iriam montar manipular a simulação ou experimento de forma que conseguissem atingi-los;*
- *analisar os dados;*
- *escrever a conclusão.*

As questões abertas também seguiam parte desse roteiro, no qual os estudantes também receberam questões-problema e deveriam redigir um texto dissertativo argumentando sobre a solução elaborada pelo grupo para resolver a situação proposta.

3.4.2 DIÁRIO DE CAMPO

O diário de campo consiste em registros escritos sobre eventos ocorridos nas aulas, em ordem cronológica.

Um relato da uma história na primeira pessoa de uma experiência de aprendizagem ou de ensino de línguas, documentado através de informações regulares e sinceras e, posteriormente, analisados por

meio de padrões recorrentes ou eventos mais relevantes. ¹(BAILEY, 1990, p 215).

Ele foi utilizado com o objetivo de registrar informações sobre como os estudantes se relacionaram com as atividades propostas, a organização deles durante o processo de resolução dos problemas que compuseram as atividades, as discussões dos estudantes entre si e as discussões dos estudantes intermediadas por mim.

3.5 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção pretendo apresentar como os planos de investigação foram analisados através de uma categorização e classificação da qualidade da produção dos estudantes, e sobre o domínio conceitual apresentando pelos alunos ao executar tal tarefa. Também será apresentado como o diário de campo foi utilizado para colaborar com a análise do processo de execução da unidade de ensino, uma vez que nesses relatos encontramos informações sobre o andamento de todas as aulas em cada turma possibilitando encontramos explicações para alguns resultados encontrados na análise dos dados.

3.5.1 CATEGORIAS DE ANÁLISE DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO

Os planos foram analisados em primeira instância a partir de alguns critérios que foram elaborados para avaliar a qualidade do material produzido pelos estudantes, utilizando como referência a categorização apresentada por Rodrigues e Borges (2008). Esses critérios dividiram os planos em três categorias listadas abaixo:

- **Plano incipiente** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, mas não definem claramente os objetivos da atividade, além disso, atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa.
- **Plano satisfatório** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa (especificaram

¹ Traduzido pela autora

quais foram seus objetivos, apresentaram as hipóteses, como iriam manipular a simulação/experimento, avaliam seus resultados no sentido de confirmar ou refutar suas hipóteses, apresentam as conclusões fundamentadas nas interpretações/análises dos dados coletados).

- **Plano Bom** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem aos requisitos propostos na atividade (especificaram quais foram seus objetivos, apresentaram as hipóteses, como iriam manipular a simulação, avaliam seus resultados no sentido de confirmar ou refutar suas hipóteses, apresentam as conclusões fundamentadas nas interpretações/análises dos dados, além disso, explicitam as ações referentes a mudanças no projeto inicial referente à reformulação das hipóteses e/ou do desenho metodológico adotado).

Os objetivos apresentados pelos estudantes também foram analisados segundo alguns critérios de classificação para a regularidade encontrada nos objetivos apresentados pelos estudantes que participaram dessa atividade. A partir desses critérios elaboramos uma categorização baseada no modelo apresentado por Rodrigues; Borges (2008).

- **Cognitivo e Avaliativo** - Relacionado ao pensar como cientista, que diante de uma situação nova utiliza seu conhecimento prévio para investigar as possíveis soluções.
- **Prático e motivacional** - Refere-se ao pensar pouco elaborado seguindo os comandos mais evidentes em uma situação até então desconhecida.
- **Em branco** - Os estudantes não escreveram os objetivos no plano de investigação.

Posteriormente os planos foram analisados considerando os aspectos da dimensão conceitual para resolução das tarefas, ou seja, se a resposta elaborada pelos alunos estava de acordo com os conceitos físicos aceitos na comunidade acadêmica. Para essa classificação foram criados três tipos de resposta:

- **Resposta correta** – os estudantes utilizam conceitos corretos do ponto de vista científico escolar, mesmo que escrito de forma coloquial.
- **Resposta parcialmente correta** – *está é a situação* em que a resposta dos estudantes está incompleta, ou em partes incorreta do ponto de vista científico escolar.
- **Resposta incorreta** – nesta situação as respostas dos estudantes estavam completamente equivocadas do ponto de vista científico escolar.

Utilizando os dois tipos de caracterização de resposta foi possível avaliar a qualidade dos planos, a quantidade de grupos de alunos que se aproximaram da resposta correta e também a qualidade de suas respostas apresentando resoluções para os problemas que se aproximam dos conceitos corretos do ponto de vista científico escolar.

3.5.2 ANÁLISE DO DIÁRIO DE CAMPO

O diário de campo possibilitou a construção de indicadores para avaliar a atitude dos estudantes e os procedimentos (estratégias de ação) utilizados por eles para resolução dos problemas propostos durante a intervenção. Através da análise dos textos produzidos em ordem cronológica por meio da observação das aulas foi possível mapear diferentes tipos de atitudes entre os membros dos grupos e durante a mediação estabelecida por mim.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DO DIÁRIO DE CAMPO

O diário de campo deixou registrado algumas passagens que provavelmente não seriam notadas em uma aula corriqueira. No quadro abaixo apresento a transcrição das anotações feitas de forma cronológica durante as aulas de uma mesma turma ao longo da realização das atividades investigativas. Ele não será transcrito integralmente, pois não é a intenção desse trabalho fazer uma discussão extensa sobre esse material. No entanto, todas as passagens que narravam algum acontecimento importante a respeito do trabalho desenvolvido pelos alunos durante

as aulas que compuseram essa pesquisa foram analisadas e discutidas, nessa seção ou na análise dos materiais elaborados pelos estudantes (planos de investigação e questões abertas).

No quadro abaixo foi feita a transcrição completa das anotações feitas no diário de campo de uma turma nas duas unidades com o intuito de exemplificar quais observações eram registradas.

QUADRO 1 – Fragmento do diário de campo

Fragmento do Diário de Campo		
Aulas	Observações Gerais	
	Unidade de Termodinâmica	Unidade de Óptica
1	Apesar de cansados os alunos se mostraram bem receptivos e levantaram pontos para a discussão que não tinham sido sugeridos por mim e também não tinham aparecido em outras turmas. Um dos estudantes associou a condução de uma investigação à montagem de um quebra cabeças.	A apresentação da temática Óptica teve início com os alunos tentando dançar de olhos fechados. Isso gerou algumas reclamações, pois estavam envergonhados. O restante da aula correu tranquilamente como em qualquer aula expositiva. Alguns poucos questionamentos.
2	Os alunos se organizaram rapidamente de acordo com suas afinidades. Entreguei o tutorial, apresentei algumas instruções sobre a leitura do tutorial e eles rapidamente começaram. Estavam felizes, pois eu estava adiantando aula e após essa aula iriam embora. Não diferiram das outras turmas, reclamando bastante da dificuldade encontrada nessa nova atividade. Os esboços entregues ao final da aula estavam bem sumários, apresentando, em alguns casos, apenas os objetivos.	Hoje os estudantes responderam alguns exercícios do livro adota pela escola. Parte da aula foi utilizada para correção no quadro. Começo a notar que mesmo diante das dificuldades em lidar com uma tarefa inédita, os alunos a preferiram. Estão muito apáticos nessa aula.
3	Essa aula teve um andamento melhor, os alunos estavam mais emprenhados, talvez pela pressão exercida por mim para que se envolvessem mais com o trabalho. Havia algumas dúvidas sobre a causa da flutuação, que eu tentei responder de forma não explícita, tendo conduzido os estudantes ao raciocínio que os levasse às respostas.	Nessa turma todos os grupos concluíram que a associação para o primeiro problema seria feita com um espelho de frente para o outro. Fiquei assustada com a naturalidade com que eles chegaram a essa conclusão. Nas outras turmas os estudantes arriscaram alguns ângulos antes de atingir o objetivo. Eles reconhecem que a reflexão de um espelho pelo outro produz infinitas imagens do objeto que está entre eles. O segundo problema parece ser mais complexo. Todas as turmas tem demonstrado certa dificuldade. A noção de ângulo de incidência e ângulo de reflexão não parece ser tão evidente para eles. Ainda apresentam dificuldades com a estruturação dos planos de investigação.
4	Alguns grupos conseguiram terminar seus planos ainda na última aula, no entanto houve a necessidade de mais essa aula para os demais, e mesmo os que já haviam terminado leram seus planos antes de entregá-los.	Hoje os alunos estão realizando os experimentos para elaborar as conclusões. Alguns ainda insistem em tentar me enrolar e deixar apenas um dos integrantes do grupo realizando as atividades. Eles demonstram certa dificuldade em entender medida de ângulos. Um dos alunos dessa turma está interessado em ingressar no curso de Física. Quando eu o perguntei o motivo da escolha, recebi uma linda resposta com excelentes argumentos sobre o fascínio dele com a natureza.
5	Hoje houve mudança no horário, então vários alunos não estavam presentes na minha aula, que foi a primeira do turno. A alegria dos alunos é evidente. Muitas risadas e exclamações que eles fazem ao descobrirem algo novo na simulação. Alguns alunos estão tentando burlar a investigação e ficar brincando com as possibilidades do simulador. Alguns estudantes estão com preguiça para ler as suas hipóteses traçadas no plano e querem seguir pela tentativa e erro para atingir o objetivo da investigação.	Nessa eu fiz alguns experimentos simples para mostrar para os alunos como ocorre a reflexão em espelhos esféricos. Eles ficaram em pé ao redor da minha mesa. No restante da aula discuti como é feita a construção geométrica das imagens nesse tipo de espelho. Os alunos se emocionam muito diante do que observam na realização de um experimento, mesmo que não possam manuseá-lo.
6	Essa turma afirmou achar mais interessante essa	Entreguei o material com as questões abertas para

	<p>atividade em que puderam testar várias possibilidades do simulador do que a que fizeram no primeiro trimestre sobre Efeito Estufa no qual apenas seguiram um roteiro feito por mim.</p> <p>Ainda não sei quais serão os efeitos dessas atividades investigativas para a aprendizagem desses alunos, mas o que posso observar agora é que essa simulação consegue prender a atenção dos estudantes.</p> <p>Pela primeira vez estou vendo meus alunos discutirem, com bons argumentos sobre as possibilidades de solução dos problemas, fato que não ocorria quando estavam em grupo resolvendo exercícios. Por exemplo, essa era a aula antes do recreio, se estivéssemos na sala tendo uma aula convencional, faltando menos de cinco minutos para o fim da aula, eles já estariam pedindo para sair, hoje estão grudados nos computadores.</p>	<p>que eles discutissem entre os integrantes do grupo antes de respondê-las. Os estudantes têm demonstrado mais dificuldades em construir um pequeno texto do que tiveram na elaboração dos planos. Imagino que isso se deva ao fato de não haver roteiro para esse caso. Nesta, como nas demais turmas, houve muita dificuldade na resolução do segundo problema.</p>
7	<p>A descoberta de que ninguém havia conseguido fazer o balão de gás hélio flutuar com 'gás leve' na câmara, fez com que eles 'futucassem' em todos os comandos do simulador. Um grupo descobriu que sem gravidade o balão flutuava. Boa oportunidade para uma discussão sobre os efeitos da gravidade em sistemas físicos. Hoje eles enceram as simulações e escreveram as conclusões.</p>	

Os registros feitos no diário de campo se iniciaram com a atividade introdutória desta pesquisa, que foi a leitura e debate sobre o texto “A grande história de mistério”. Fatores como o horário em que a aula ocorreu e entrosamento entre os alunos da turma colaboram para que a receptividade e envolvimento nesse debate variassem bastante entre as turmas. As turmas 2V3 e 2V4 estavam na última aula do dia quando fizemos o debate e demonstraram comportamentos bem diferentes.

Enquanto a 2V4 apresentou o melhor desempenho em relação a todas as outras turmas, a 2V3 apresentou o pior. As circunstâncias em que os debates ocorreram nessas turmas eram bem similares, então o fator que pode ter influenciado nessa diferença é a relação entre os estudantes de cada turma. A relação entre os alunos da turma que apresentou boa participação parece ser amistosa e colaborativa, enquanto que na outra não parecia haver muita simpatia entre os estudantes, ao contrário, havia bastante discórdia entre “grupos rivais”.

A turma 2V6, apesar de ter feito o debate na segunda aula do dia não demonstrou muito interesse pela atividade. Eu fiz questionamentos e provocações para tentar aguçar o interesse deles pelo assunto, mas pouco consegui. Tanto nessa turma

quanto na 2V7 os alunos que mais participaram colocando suas opiniões e dúvidas foram aqueles que já tinham um bom desempenho na disciplina de Física.

Os alunos da turma 2V2 estavam tão eufóricos com o início dessa atividade que não conseguiram ler o texto individualmente, pois a todo o momento queriam comentar algum trecho do texto com os colegas ao lado. Nessa turma o debate também foi bem interessante e como na turma 2V4 e 2V5 a maioria dos estudantes participaram com suas colocações.

Os dias de elaboração dos planos de investigação não diferiram muito entre as turmas. Todas reclamaram das dificuldades para desenvolver essa atividade, alguns até alegaram sentir dores de cabeça, pois a tarefa estava exigindo muita concentração e raciocínio. A turma 2V2 foi a única que eu tive que intervir na formação dos grupos, pois eles não queriam separar grupos de amigos, nas demais turmas eu apenas sugeri uma quantidade de integrantes por grupo para que houvesse uma distribuição homogênea. Essa turma também apresentou discussões muito enérgicas e muitas vezes foram necessárias intervenções no sentido de acalmá-los para que não acabassem brigando. Na turma 2V3 havia um casal de namorados que brigaram em todas as aulas de elaboração de hipóteses. A moça disse, em tom de galhofa, que se houvessem mais atividades dessa natureza o relacionamento acabaria.

A turma 2V4 assumiu essa tarefa como uma disputa entre os grupos, então os debates ocorreram com todos falando muito baixo e quando me chamavam em suas mesas para fazer algum questionamento me pediam para responder no mesmo tom de voz, para que nenhum outro grupo se beneficiasse com alguma informação. Quando o primeiro grupo chegou a uma hipótese plausível para a flutuação começaram a pular e gritar dizendo que eram os vencedores. Eu nunca havia observado meus alunos expondo seus pontos e vista e negociando possibilidades de solução em aulas usuais quando eles se reuniam em grupos para responder exercícios. Outra novidade é o fato deles não se desesperarem para saírem da sala na aula que antecede a saída para o recreio e o fim do dia letivo.

As aulas da realização da simulação e elaboração das conclusões foram as mais surpreendentes, me levando a ficar emocionada muitas vezes. Todos os grupos ficaram empolgados e se engajaram na fase da realização da simulação. Posso afirmar com base nas minhas observações e registros que eles estavam se divertindo com a tarefa. Eles apelidaram o boneco que ‘controlava’ a pressão externa de ‘Moonwalk’. E alguns estudantes tentaram até burlar a continuidade da investigação para ficar brincando com a simulação. Todos os grupos comemoravam ao conseguir fazer os balões flutuarem. Os alunos mais habilidosos auxiliavam os que estavam com mais dificuldades e até aqueles que não costumam se interessar pelas aulas de Física e também não se envolveram muito com o processo da escrita dos objetivos e levantamento de hipóteses procuraram entender como era possível promover a flutuação.

Eles testaram a flutuação com os dois tipos de gases na câmara e ao perceberem que não conseguiam obter a flutuação quando se tratava do balão de gás hélio imerso no gás de menor massa molar começavam alterar as outras variáveis disponíveis no simulador. Em todas as turmas algum grupo acabava descobrindo que quando o controle da gravidade era zerado o balão flutuava, todavia, por se tratar de um parâmetro que foi restringido das possibilidades, os alunos deveriam explicar a causa da não obtenção da flutuação nesse caso.

Há um trecho do diário de campo que não está no quadro, mas merece ser transcrito aqui, pois mostra que mesmo em um dia em que eu estava muito cansada, sem disposição para encorajar o trabalho dos alunos eles tiveram bom desempenho. Tal fato seria muito pouco provável em uma aula expositiva centrada na fala do professor.

(Quarta aula da aplicação da unidade de termodinâmica) Como em todas as turmas, os alunos iniciaram os testes brincando. Todos levam sustos quando a tampa da câmara é arremessada para cima. Após testarem todos os comandos começam a testar as hipóteses dos seus planos. Quase todos começaram colocando muitas moléculas (acima de 300), e com essa quantidade o balão de ar quente sempre flutua. Quando peço para eles fazerem teste para descobrir a quantidade mínima de moléculas dentro da câmara que ainda possibilita a flutuação do balão eles reclamam. Alguns perdem a paciência se irritando por demorar muito a chegar ao objetivo. Os que são mais tranquilos fazem os testes e várias vezes eles se desentendem. Frases como “seu burro, porque você mexeu nisso, estava dando certo” são comuns. Mesmo eu não estando bem hoje para animá-los,

a turma está em alto astral e conduziram muito bem os testes. Quase não brigaram e conseguiram, como as outras turmas, fazer todos os testes com o balão de ar quente na primeira aula da simulação. Estou feliz com as mudanças de comportamento que tenho observado em meus alunos, que agora parecem mais autônomos. É como se soubessem que se procurarem eles irão encontrar as respostas, solicitando minha ajuda somente nas situações mais complexas. As mudanças nas minhas atitudes também começam a ficar evidentes para mim. Respondo a maioria das perguntas com outras perguntas, mesmo que isso prolongue o caminho até a resposta, que será encontrada pelo aluno ou grupo e não fornecida por mim. (Diário de Campo da Professora/Pesquisadora 14/08/2012)

A última aula dessa unidade foi marcada pelo cansaço acumulado devido à implementação de uma atividade que era novidade para mim e para os alunos e pelo deslocamento dentro da escola que é muito grande comparada com as outras escolas da rede estadual. As salas do segundo ano ficavam no terceiro andar e o laboratório de informática que utilizamos fica no primeiro, então os alunos precisavam se deslocar transportando suas mochilas pesadas. Ainda assim, as frases finais escritas no diário para essa fase, revelam que eu esperava ter muito mais trabalho e encontrar muito mais resistência por parte dos alunos do que realmente aconteceu.

No primeiro trimestre os alunos realizaram uma simulação sobre Efeito Estufa, mas nessa atividade eles receberam um roteiro contendo todos os comandos que deveriam ser manipulados e a sequência dessa manipulação, sendo eles responsáveis apenas pela coleta dos dados e a escrita da conclusão. Ao serem questionados sobre a preferência entre a atividade roteirizada com balões e a atividade investigativa a grande maioria dos alunos respondeu que preferiam à segunda, pois nessa atividade eles puderam testar diferentes possibilidades do simulador, enquanto na outra seguiram estritamente os comandos.

Na Unidade de Óptica pude contar com a participação especial do aluno de Estágio Supervisionado Estevão. Mesmo estando no semestre em que deveria somente acompanhar as aulas ele sempre foi muito colaborativo, comigo e com os alunos. Participava dos debates, auxiliava os grupos durante a realização dos experimentos e seguiu as determinações da tarefa do professor que conduz atividades dessa natureza, conduzindo os questionamentos dos alunos de forma que eles mesmos chegassem às respostas.

Os problemas sobre espelhos planos, sob o meu ponto de vista, seriam mais simples para os alunos entenderem e responderem, mas não foi bem assim. O primeiro problema foi rapidamente assimilado por eles, ficaram empolgados, pois muitos lembraram que já tinham observado muitas imagens em provadores de loja que têm espelhos paralelos. Um dos alunos se recordou de dois espelhos com uma dobradiça que tinha em sua casa. A maioria das perguntas foi sobre qual seria o valor do ângulo quando eles colocassem um espelho de frente para o outro. A maior dificuldade apresentada em relação a essa questão foi conseguir que fizessem a associação entre a quantidade de imagens e o ângulo entre os espelhos. Nas turmas onde houve uma separação dos alunos com bom desempenho na disciplina de física em grupos separados dos alunos com baixo rendimento ficou evidente, nessa segunda atividade, pois esses grupos se mostraram mais habilidosos para encontrar o objetivo da tarefa e propor hipóteses, fato que está de acordo com o que nos é apontado por Borges (2002). Enquanto a maioria ainda estava tentando descobrir o objetivo da atividade eles muitas vezes já estavam elaborando as estratégias de condução da investigação. A turma 2V5 me surpreendeu com a naturalidade com que todos os grupos descobriram que a melhor associação seria obtida colocando um espelho de frente para o outro, pois dessa forma a imagem formada pelo primeiro seria refletida no segundo, e assim sucessivamente.

A segunda questão dessa atividade gerou um pouco de confusão no entendimento por parte deles. Alguns grupos achavam que deveriam encontrar as posições nas quais eles se veriam no espelho, outros pensaram que poderiam mudar os pontos de observação de forma que todos poderiam ver a lâmpada. Apesar desse problema no entendimento do enunciado da questão, a maioria dos grupos conseguiu compreender que havia relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão da luz refletida por um espelho plano. Alguns alunos disseram que a luz era refletida em forma de 'V'.

A aula da realização dos experimentos foi tranquila em todas as turmas, alguns grupos parecem ter mais dificuldade para entender como se faz a medida de um ângulo do que sobre os conceitos físicos envolvidos na atividade. Eles se mostraram muito habilidosos para conduzir os experimentos, quase não solicitaram minha ajuda, então quase não acompanhei a escrita das conclusões.

Os estudantes causaram um pouco de tumulto na aula da demonstração investigativa com os espelhos esféricos, pois tinham que ficar em pé em volta da mesa em que eu estava realizando o experimento e todos queriam ter uma posição que privilegiasse a visão do experimento. Todos eles ficaram encantados quando viram a luz convergindo para o foco quando coloquei o espelho côncavo na frente da lanterna. Antes de explicar os fenômenos que os estudantes estavam visualizando sempre fazia um questionamento para tentar fazê-los apresentar suas hipóteses para explicar o que estavam observando. Apenas na turma 2V5 houve tempo disponível para mostrar a construção geométrica das imagens produzidas por esses espelhos, nas demais turmas só foi possível fazer essa apresentação dos experimentos e a sugestão de leitura do livro didático Quanta Física.

Os alunos demonstraram facilidade para elaborar uma resposta para o problema sobre o uso dos espelhos convexos como dispositivos de segurança. Ouvindo os debates nos grupos parecia não haver dúvida na relação do campo visual que esse espelho proporciona com a sua utilização. No segundo problema, espelho do dentista, apesar de não ter havido dificuldade na interpretação do problema, houve muita reclamação por parte dos estudantes por não conseguirem explicar como o espelho produzia uma imagem ampliada. Eles afirmavam que deveria haver relação com o formato do espelho e a forma como a luz é refletida por ele, mas não conseguiam chegar a uma explicação completa.

Em quase todas as turmas houve reclamação sobre esse tipo de atividade. Eles alegaram que preferiam os planos de investigação, pois já tinham se habituado a eles.

Ao longo do processo de implementação das atividades foi possível perceber a mudança atitudinal dos estudantes. Observando suas posturas diante das dificuldades encontradas na busca da solução dos problemas, percebi que houve uma evolução em alguns aspectos comportamentais, sobretudo na autonomia para abrir caminho rumo à solução de uma situação inédita. Essa autonomia se refletiu em forma de autoconfiança para tomada de decisões e também confiança nos colegas de grupo. Antes de solicitar a minha ajuda eles passaram a discutir entre os

integrantes, pois quando eu chegava para auxiliá-los sempre havia diferentes questionamentos a respeito de uma mesma dificuldade.

4.2 ANALISANDO OS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA

Os planos foram avaliados inicialmente segundo critérios que aferiram a qualidade dos mesmos, e segundo essa análise atribuímos uma classificação para cada grupo. Houve também a atribuição de uma nota para cada classificação, na qual os planos incipientes receberam nota 1, os planos satisfatórios receberam nota 2 e os planos bons receberam nota 3. A tabela abaixo apresenta a distribuição das notas dos grupos separados por turma.

No campo referente ao grupo 5 da turma 2v3 aparece um 'x' no lugar de uma nota, pois tal grupo não existiu nessa turma. Devido à quantidade inferior de alunos matriculados nessa turma houve a necessidade de reduzir um grupo para manter uma quantidade similar às outras turmas de integrantes por grupo.

TABELA 1 - Qualidade dos planos da unidade de termodinâmica

Qualidade dos Planos: Termodinâmica															
Turmas	2V2					2V3					2V4				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	1	3	2	2	1	3	2	3	1	x	2	2	1	2	2
Turmas	2V5					2V6					2V7				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	2	3	1	3	2	3	2	1	1	2	2	2	3	2	2

Analisando os dados exibidos na tabela podemos perceber que, de acordo com a categorização via qualidade dos planos, as turmas apresentaram um resultado razoável em seu desempenho apresentando a maioria das classificações em satisfatório. Entre os 29 grupos participantes, apenas 7 apresentaram desempenho classificado como incipiente, enquanto 15 apresentaram desempenho classificado como satisfatório e 7 apresentaram um bom desempenho. Parece preocupante apenas o resultado das turmas 2V2 e 2V6 nas quais houve dois planos precários por turma.

Os grupos que tiveram seus planos classificados como bons eram composto quase que exclusivamente por alunos que tinham um bom desempenho na disciplina de Física. Esses alunos engajavam-se com facilidade em qualquer atividade proposta determinados a fazer o melhor possível e não foi diferente com a elaboração dos planos de investigação, mesmo se tratando de uma tarefa que fora apresentada recentemente a eles.

Por outro lado também tivemos os grupos cujos planos foram avaliados como incipientes formados por alunos que apresentavam pouco interesse pelas aulas tradicionais e a mudança de perspectiva de ensino, ao menos na primeira atividade, não os mobilizou para um maior engajamento.

O gráfico a seguir nos traz um recurso visual no qual podemos notar mais facilmente os diferentes desempenhos de cada turma.

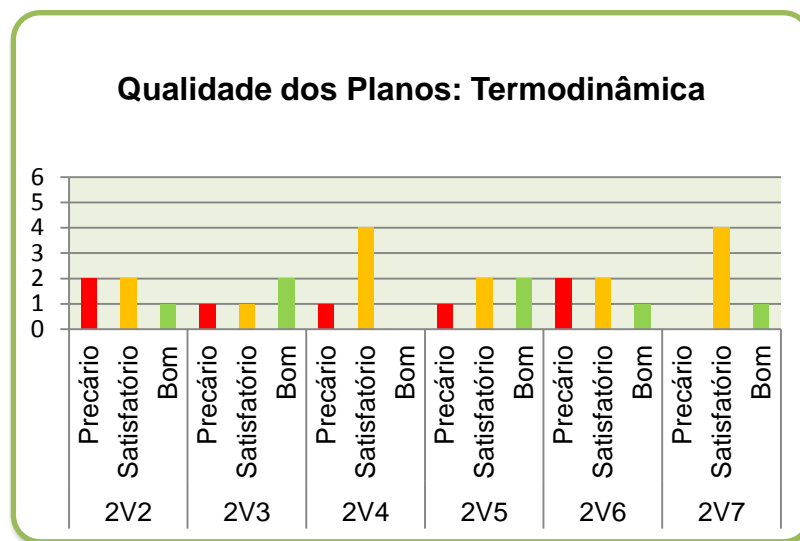


GRÁFICO 1 - Qualidade dos planos de investigação: Termodinâmica

Após ler e debater sobre o problema, os alunos deveriam escrever qual o objetivo da investigação. Rodrigues; Borges (2008) apresentam uma categorização para os tipos de objetivos apresentados pelos estudantes ao realizarem atividades investigativas que foi utilizada como referência para realizarmos a análise dos planos elaborados pelos estudantes. Verificamos que 53,45% dos grupos identificaram, como objetivo, a necessidade de haver diferença entre as densidades dos balões e da câmara. Houve também aqueles que apenas repetiram a pergunta do problema

como resposta, 36,20% dos grupos, dizendo que o objetivo da investigação era simplesmente fazer com que os balões flutuassem. Alguns grupos não identificaram qual era o objetivo da atividade, mesmo se tratando da primeira solicitação contida no material instrucional. Todos os grupos que não registraram em seus planos qual era o objetivo da atividade pertenciam à turma 2V6, aproximadamente 10,35% da amostra total. Dois grupos de turmas diferentes utilizaram como objetivo para a flutuação do balão de ar quente o fato da densidade da câmara ser maior que a densidade do gás dentro do balão, mas para o balão de gás hélio disseram simplesmente que era necessário fazer o balão flutuar.

Com base no modelo de categorização apresentada por Rodrigues; Borges (2008) criamos uma classificação para a regularidade encontrada nos objetivos apresentados pelos estudantes que participaram dessa atividade. A tabela 2 apresenta as categorias e suas respectivas descrições.

TABELA 2 – Categorização dos objetivos

Natureza dos objetivos		
Categoria	Percentual de Alunos	Descrição
Cognitivo e Avaliativo	53,45%	Relacionado ao pensar como cientista, que diante de uma situação nova utiliza seu conhecimento prévio para investigar as possíveis soluções.
Prático e motivacional	36,20%	Refere-se ao pensar pouco elaborado seguindo os comandos mais evidentes em uma situação até então desconhecida.
Em branco	10,35%	Os estudantes não escreveram os objetivos no plano de investigação.

Analisando a qualidade dos planos utilizamos um critério que avaliava se os estudantes apresentavam a solução do problema utilizando conhecimentos científicos e se a resposta para o problema estava correta. O gráfico 2 apresenta os resultados separados por turma, no qual a maioria dos grupos identificou corretamente que deveriam aumentar a densidade da câmara, uma vez que a densidade dos balões era constante, para que houvesse flutuação dos mesmos.

A turma 2V6 foi a que apresentou maiores dificuldades na identificação dos objetivos, na elaboração dos planos de investigação e na realização da simulação. Entre os motivos desse baixo rendimento temos o problema do horário das aulas, estes alunos tinham sempre a primeira e a última aula do turno. Nas primeiras aulas

costumavam faltar alguns estudantes e na última aula a maioria já estava cansada. Analisando o relato do diário de campo, podemos perceber questões em relação a essa turma, como muita insegurança na escrita dos planos, um grupo inteiro não demonstrou interesse pela atividade, por mais que eu tenha tentando incentivá-los. A maioria dos alunos tinham baixo desempenho na disciplina de Física e o fato de estarem lidando com uma atividade mais complexa parece tê-los desmotivado ainda mais. Entretanto, houve um fato positivo nessa turma, atividade conseguiu engajar alguns estudantes da turma a ponto de alguns deles não quererem faltar à aula para não perder o desfecho da atividade, como uma das alunas tinha uma cirurgia ortodôntica marcada para o dia em que realizariam a simulação e pediu que a mãe mudasse a data. Essa estudante pertencia ao grupo de melhor desempenho na atividade.

(Quarta aula da aplicação da unidade de termodinâmica) [...] Há um grupo nessa turma com o qual começo a me preocupar. Após três aulas de elaborando os planos, o deles ainda é um rascunho. Essa já é a segunda aula de realização da simulação e eles ainda não registraram nada. Apenas um rapaz parece se preocupar com a simulação. (Diário de Campo da Professora/Pesquisadora 15/08/2012)

O resultado da turma 2V7 causou surpresa, pois a maioria dos grupos resolveu corretamente os problemas, mesmo se tratando de uma turma composta majoritariamente por estudantes repetentes, e apesar do engajamento que demonstraram diante da atividade nova, quase todos tinham muita dificuldade, para se concentrar, com a elaboração de textos e com conceitos físicos. Isso tudo fez com que fosse necessária uma aula além do que as outras turmas necessitaram para a conclusão da atividade, no entanto todos tiveram um bom desempenho. Eles conseguiram superar as dificuldades e além de atingir o objetivo da tarefa, fazer os balões flutuarem, também redigiram respostas corretas do ponto de vista científico escolar.

Essa também foi a turma que demonstrou maior solidariedade, pois todos os grupos eram mistos, ou seja, haviam alunos com grande desempenho e baixo desempenho na disciplina, no entanto não aconteceu o que geralmente ocorria durante outras atividades em grupo, em que os que “sabiam mais” se encarregavam de fazer a tarefa e os demais ficam a margem do processo. Dessa vez os que demonstravam

mais habilidade se preocupavam em esclarecer duvidas dos que ainda estavam com alguma dificuldade.

(Segunda aula da aplicação da unidade de termodinâmica) [...] É impressionante como a possibilidade de trabalho autônomo anima os estudantes. Os alunos com mais entrosamento com o trabalho auxiliam nas dúvidas dos que estão com mais dificuldades, mas o mais importante é que todos estão envolvidos. Essa turma é bastante apática, mas nessa atividade estão todos ligados. (Diário de Campo da Professora/Pesquisadora 13/08/2012)

A linguagem utilizada no simulador computacional pode ser um fator importante a se considerar como justificativa de alguns erros conceituais encontrados nos textos dos planos dos estudantes. Neste simulador havia um “controle de calor” que poderia liberar fogo, se os estudantes desejassem aumentar a temperatura da câmara, ou gelo, se desejassem diminuir a temperatura da mesma. No entanto o controle varia entre adicionar calor e remover calor. Alguns poucos grupos se referiram a esse processo como “colocar calor na câmara”. Durante a escrita dos planos os alunos utilizaram as expressões “gás leve” e “gás pesado” em seus textos, pois as opções de gases que poderiam ser utilizadas para preencher a câmara estavam identificadas por essas expressões. A linguagem é apresentada por Vigotski como o principal instrumento no processo de significação e formação de conceitos, então um erro conceitual pode ter sido induzido pelo erro nos termos utilizados no simulador.

Nossa investigação mostrou que um conceito se forma não pela interação das associações, mas mediante uma operação intelectual em que todas as funções mentais elementares participam de uma combinação específica. Essa operação é dirigida pelo uso das palavras como meio para centrar ativamente a atenção, para abstrair determinados traços, sintetizá-los e simbolizá-los por meio de signos. (VIGOTSKI, 1987, p101)

Em conformidade com Borges (2002), os alunos com maior desempenho em Física se mostram mais habilidosos para realizar a atividade. Na turma 2V6, por exemplo, o grupo com melhor desempenho era composto exclusivamente por alunos com bom rendimento escolar em todas as disciplinas que compõem o currículo do Ensino Médio.

A estrutura dos planos dos estudantes seguiu majoritariamente, a estrutura fornecida no material instrucional. Este fato parece revelar o quanto os estudantes estão acostumados a serem mais bem avaliados quanto mais suas atividades se aproximarem dos comandos estabelecidos pelos professores. Apenas dois grupos

pertencentes à turma 2V4 e 2V5 escreveram seus planos de trabalho em forma de redação argumentativa, coincidência ou não, ambos os grupos eram compostos pelos alunos com melhor desempenho na disciplina de Física das turmas de segundo ano das quais eu ministro aulas.

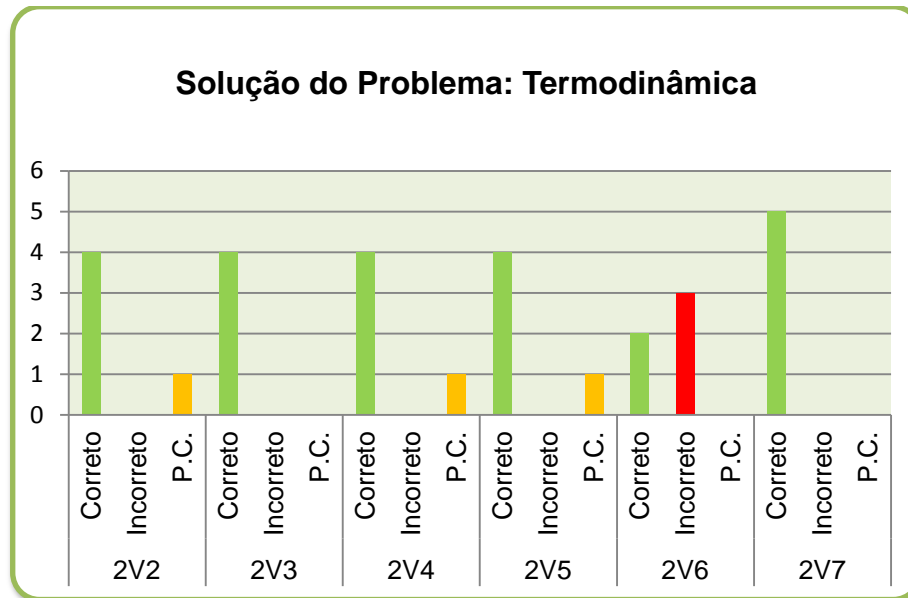


GRÁFICO 2 - Solução das questões da unidade de termodinâmica

Os estudantes deveriam responder a duas questões nessa primeira atividade, uma referente à flutuação de um balão de ar quente e outra referente a um balão de gás hélio. Mesmo se tratando de casos distintos, requerendo procedimentos específicos para serem resolvidos, ambos tinham o mesmo propósito, atingir a flutuação através da diferença nas densidades. Por se tratar de uma solução idêntica, as respostas foram avaliadas em conjunto, logo o gráfico acima apresenta a análise das duas questões em conjunto.

Foram consideradas respostas corretas aquelas em que os estudantes apresentaram argumentos que evidenciaram o entendimento da necessidade de haver diferença entre a densidade do balão e a densidade do gás presente na câmara para atingir o objetivo da tarefa: a flutuação. Alguns grupos não deixaram claro em seus planos como seria possível obter essa diferença entre as densidades, indicando que tais grupos podem não ter domínio sobre o conceito científico escolar de densidade. Nestes casos as resoluções foram consideradas parcialmente corretas, pois apesar de saberem que deveria haver diferença entre as densidades,

não apareceram evidências que os mesmos sabiam o que era densidade. Já as resoluções classificadas como incorretas apresentavam argumentos completamente equivocados do ponto de vista científico escolar.

O fato de alguns grupos terem apresentado respostas consideradas incorretas sob o ponto de vista científico não garante que estes conceitos não tenham sido agregados ao perfil conceitual dos aprendizes. É provável que estes estudantes ainda não tenham tomado consciência do seu perfil conceitual, o que pode ter os levado a apresentar a resposta que estava de acordo com os conceitos aos quais estão mais habituados.

Como exemplo de uma resposta correta para a tarefa temos as hipóteses do grupo 3 da turma 2V2.

“Primeiro, acrescentar gás à câmara. Segundo, diminuir a temperatura da câmara e ir adicionando gás aos poucos, enquanto sua temperatura é diminuída, fazendo com que a densidade do gás fique maior, pelo fato da aglomeração das moléculas aumentar. Se a densidade do gás é maior que a do balão este vai flutuar.”

Nessa descrição de etapas os estudantes não relataram sobre o controle de temperatura do interior do balão, pois nas instruções para o problema havia um comando para que esse controle fosse deixado no valor máximo.

O grupo 3 da turma 2V6 apresentou uma resposta considerada incorreta na avaliação conceitual das respostas apresentadas como solução para os problemas.

“Resfriando a câmara as moléculas ficam mais juntas fazendo com que a câmara se feche. Adicionando mais moléculas quentes e frias fazendo com que a câmara não se feche.”

Esse grupo apresentou uma resposta tão incoerente que foi até difícil compreender o que eles tentaram dizer nesse texto. Outro exemplo de resposta considerada incorreta foi apresentada pelo grupo 5 desta mesma turma.

“Acrescentamos moléculas na câmara, aumentar o calor, aumentar a pressão externa. Com isso as moléculas da câmara ficam mais agitadas, aumentando a densidade, fazendo com o que o balão fique mais leve e flutue. Aumentando a pressão interna para manter o mesmo volume da câmara”.

Nessa resposta aparece o erro conceitual sobre flutuação e densidade, e também está presente o conceito de censo comum sobre a relação entre massa, densidade e volume, quando o grupo afirma que o balão deve ficar leve para flutuar.

As respostas consideradas parcialmente corretas foram aquelas em que os grupos que associaram a flutuação do balão à diferença de densidade, mas explicitaram isso em suas respostas, como fez o grupo 1 da turma 2V4.

“Estratégias utilizadas: Controlaremos o volume através do parâmetro constante e inseriremos gases pesados no recipiente, até o balão subir, se necessário, resfriaremos a caixa através do controle de calor”.

As conclusões dos planos foram escritas logo após a realização das simulações. Os alunos apenas apresentaram os valores de pressão, volume e temperatura no instante em que ocorreu a flutuação e as quantidades mínimas de moléculas dentro da câmara e dos balões. É provável que o fato das conclusões dos estudantes não apresentarem uma revisão detalhada das hipóteses seja explicado pela falta de instrução oferecida por mim. Houve uma grande concentração de atenção durante a escrita das hipóteses de investigação, mas não acompanhei com o mesmo empenho a elaboração das conclusões. A mediação do professor é fundamental no processo de construção de novos conhecimentos. Fatos como este revelam como uma falta do professor pode influenciar na qualidade do processo de aprendizagem.

4.3 ANÁLISES DA UNIDADE DE ÓPTICA

A unidade de Óptica foi dividida em duas atividades, uma com dois experimentos envolvendo espelhos planos, na perspectiva do laboratório aberto, e duas questões abertas sobre espelhos esféricos.

4.3.1 ESPELHOS PLANOS

Os problemas propostos para trabalharmos com atividades investigativas foram pensados de forma que tivessem uma linguagem o mais clara possível. Ainda assim, ao analisar os planos dos estudantes, fica evidente que, no caso do segundo problema “B”, situação em que a lâmpada é acesa em frente ao espelho, e desejamos saber quais dos três observadores ordenados em diferentes posições

consegue ver a lâmpada através do reflexo no espelho, alguns alunos não compreenderam que tanto a lâmpada, que foi substituída por uma borracha durante a realização do experimento, quanto à posição dos observadores não poderia ser alterada. Sendo assim, alguns grupos responderam que todos os observadores poderiam ver a imagem do objeto refletida pelo espelho, mas não por desconsiderarem os limites impostos pelos ângulos de incidência e reflexão, e sim por acreditarem que poderiam alterar as posições de forma que todos pudessem ver. Esse fato deixa claro uma interpretação equivocada do problema, seguida da falta de entendimento da situação tanto no momento de traçar o objetivo quanto no levantamento de hipóteses.

A primeira questão “A” (Qual(is) é(são) a(s) associação(ões) feita(s) com dois espelhos planos para que seja formado o maior número possível de imagens de um objeto colocado entre eles?) teve sucesso quase absoluto, por se tratar de um problema que a maioria dos estudantes já vivenciou. Podemos observar no gráfico abaixo que apenas um dos 29 grupos teve uma resposta parcialmente correta para a questão “A”. Houve muitas declarações entusiasmadas durante a leitura dessa questão, pois os alunos se recordavam dos espelhos em provadores de lojas, ou de espelhos nos armários de suas casas. Em um dos grupos um estudante ficou exaltado ao perceber que já tinha feito essa experiência em casa e já havia percebido que ao diminuir o ângulo entre os espelhos havia formação de um maior número de imagens.

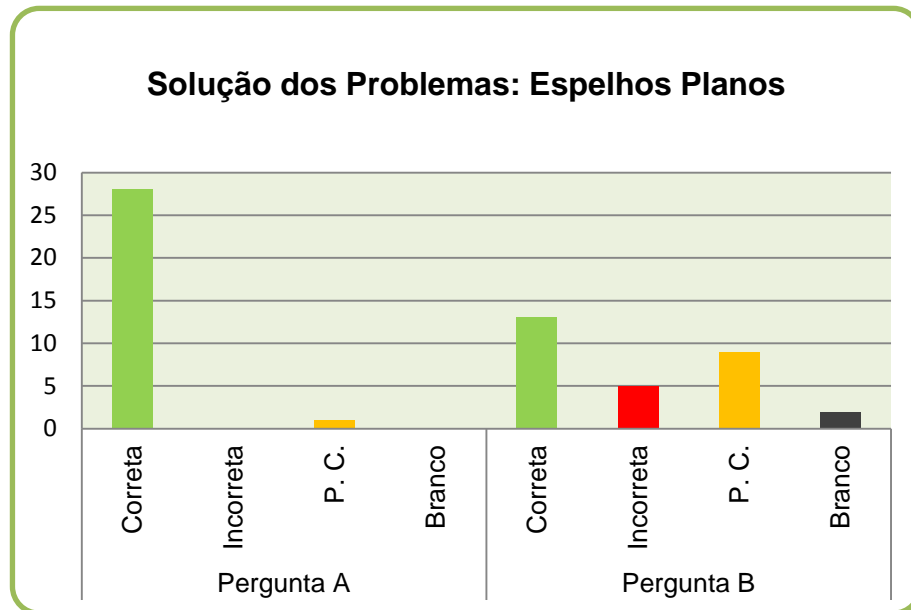


GRÁFICO 3 - Solução dos problemas da atividade com espelho plano

Assim como foi feito na unidade de Termodinâmica, os planos de investigação dessa unidade também foram avaliados em relação aos domínios procedimentais e conceituais. Então também foi feita uma análise da qualidade dos planos de investigação, classificando-os segundo os mesmos critérios utilizados anteriormente.

TABELA 3 - Qualidade dos planos da unidade de óptica

Qualidade dos Planos: Espelhos Planos															
Turmas	2V2					2V3					2V4				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	1	3	3	2	1	2	2	2	2	x	2	2	1	3	2
Turmas	2V5					2V6					2V7				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	1	3	2	2	2	3	2	1	2	1	2	2	2	2	2

Analisando os dados expostos na tabela pode-se perceber que, de acordo com a categorização via qualidade dos planos, as turmas continuam com um resultado razoável em seu desempenho apresentando a maioria das classificações em satisfatório. Houve uma pequena redução na quantidade de grupos que apresentaram desempenho classificado como incipiente, na unidade de termodinâmica tivemos 7 grupos com esse resultado e na atividade com espelhos planos apenas 6 grupos. A quantidade de grupos com resultado classificado como

satisfatório aumentou para 18 enquanto a quantidade de grupos que tiveram seus planos classificados como bons também sofreu uma redução, caindo para 5.

As turmas 2V2 e 2V6 também continuaram com um rendimento mais baixo, havendo novamente dois planos incipientes por turma. Na turma 2V2 os grupos com rendimento incipiente foram os mesmos, já na turma 2V6 o grupo G3 manteve-se na categoria plano incipiente, o G4 evoluiu para categoria plano satisfatório e o G5 regrediu para a categoria plano incipiente. No total houve cinco grupos que mudaram de categoria, evoluindo nessa escala de aferição de qualidade, e seis grupos que regrediram.

TABELA 4 – Evolução da qualidade dos planos

Evolução da qualidade dos planos					
Turmas	2V2	2V3	2V4	2V5	2V6
Grupos que evoluíram	G3	G4	G4	G3	G4
Turmas	2V3	2V5	2V6	2V7	X
Grupos que regrediram	G1 e G3	G1 e G4	G5	G3	X
Turmas	2V2	2V3	2V4	2V5	2V6
Grupos estáveis	G1, G2, G4, G5	G2	G1, G2, G3, G5	G2 e G5	G1, G2, G3
Turmas	2V7	X	X	X	X
Grupos estáveis	G1, G2, G4, G5	X	X	X	X

A atividade referente aos espelhos planos não contou com a sugestão de roteiro de execução no material instrucional, então é possível que esses grupos que regrediram na qualidade da escrita de seus planos de investigação tenham ficado confusos durante o processo de estruturação da investigação. Os grupos que evoluíram na qualidade da escrita podem ter se adaptado a esse novo processo e conseguiram desenvolver melhores argumentos e uma melhor estrutura na tarefa de espelhos planos. Também existe a possibilidade do nível dificuldade dos problemas apresentados nessa unidade ter sido de mais fácil compreensão, colaborando para um melhor desempenho de alguns estudantes.

Os cinco grupos que receberam classificação de plano incipiente nas duas atividades eram composto principalmente por alunos que tinham tão baixo desempenho em todas as disciplinas que não obtiveram aprovação no ano letivo de 2012. É provável que tais estudantes tivessem se envolvido mais com as tarefas e

consequentemente tivessem sido mais produtivos caso estivessem em grupos com colegas mais engajados na realização das atividades. É possível perceber mais claramente através do gráfico 4 que as turmas que fizeram uma distribuição heterogênea dos integrantes quanto ao rendimento na disciplina de Física (2V3 e 2V7) obtiveram um desempenho mediano para todos os grupos. Esta situação está de acordo com alguns aspectos da teoria sociocultural de Vigotski (1984), pois nos grupos em que os estudantes que tinham maior dificuldade puderam contar com a ajuda de colegas mais experientes, houve um melhor desempenho do que nos grupos em que todos os integrantes tinham baixo desempenho na disciplina de Física.

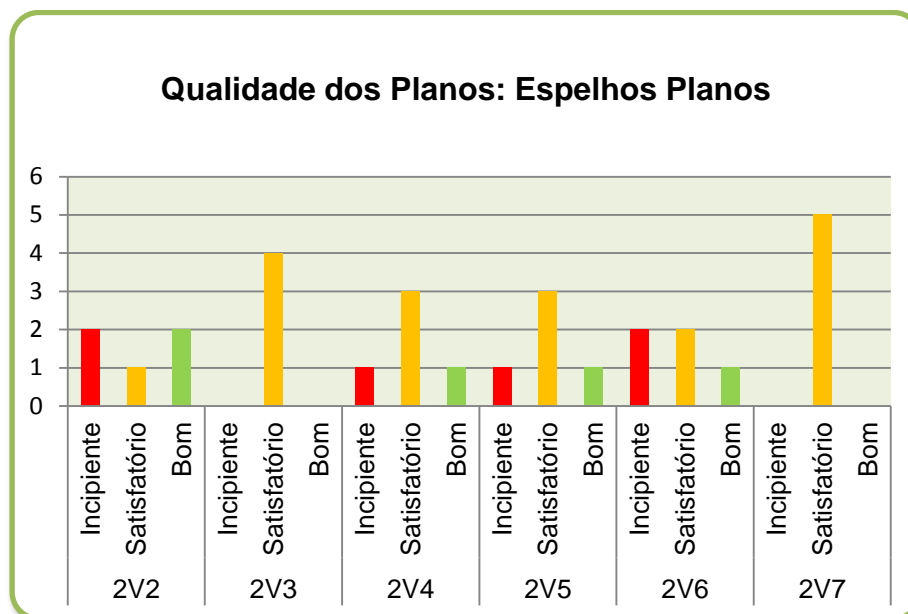


GRÁFICO 4 - Qualidade dos planos de investigação da atividade com espelhos planos

O material instrucional fornecido para esta atividade não contava com a estrutura pré-estabelecida para a elaboração do plano, então houve mais ocorrências de alunos que produziram seu plano em forma de texto dissertativo argumentativo, no entanto a grande maioria ainda seguiu o modelo do trabalho anterior, separando nas mesmas etapas.

As conclusões desses casos foram feitas com mais critério, pois após a análise da primeira atividade ficou claro que havia necessidade de chamar a atenção dos estudantes para a grande importância desse momento de reflexão para a construção

de uma investigação. Aprender a relatar o êxito ou a necessidade de rever as hipóteses é um dos pontos mais importantes apresentados pela literatura que trata desse tipo de atividade científica.

Os estudantes gastaram menos tempo para elaboração dos planos, em parte por se tratar de problemas mais simples, mas também por eles já estarem mais familiarizados com essa nova metodologia de ensino. Eles finalmente entenderam que devem registrar todas suas hipóteses, que eventualmente algumas estarão erradas, e que após realizarem o experimento terão a oportunidade de verificar suas ideias a respeito da solução para o problema.

As mudanças atitudinais dos estudantes alcançaram inclusive uma maior tolerância em relação aos seus próprios erros. É provável que essa mudança esteja presente apenas em minhas aulas, mais precisamente durante a aplicação dessas atividades. Existe algo muito forte na cultura escolar ligado à aprovação dos estudantes que está completamente associada à obtenção de uma pontuação mínima mediante atividades avaliativas. Nesse contexto, os estudantes percebem o erro como algo que lhes impedirá de alcançar sua promoção de série no final do ano. Possivelmente durante a primeira atividade eles estivessem receosos por estarem habituados a perder pontos nas avaliações ao errar alguma questão, mas, ainda ao longo da primeira unidade, perceberam que toda atividade é passível de erro, e que o mais importante é saber reconhecê-lo, caso ocorra, e procurar alternativas para corrigi-lo.

4.3.2 ESPELHOS ESFÉRICOS

Os problemas propostos para a atividade de espelhos esféricos eram questões abertas, nas quais os alunos deveriam discutir também sobre suas hipóteses de solução, no entanto tiveram apenas o trabalho mental, não envolvendo atividades manuais. Houve muitas reclamações devido à falta de hábito de escrever redações nas aulas de Física. Alguns estudantes me perguntaram se minhas aulas estavam “virando” aulas de Português.

Novamente a primeira questão “A” (problema que tratava dos espelhos utilizados como dispositivos de segurança em pequenos estabelecimentos comerciais) foi mais

bem compreendida e a maioria dos grupos teve facilidade em apresentar uma argumentação que fosse de encontro à resposta correta do problema, explicando como a reflexão divergente dos espelhos convexos favorece na sua utilização como dispositivos de segurança. Ficou claro para todos que o campo visual de um espelho esférico convexo é mais abrangente que o de um espelho plano.

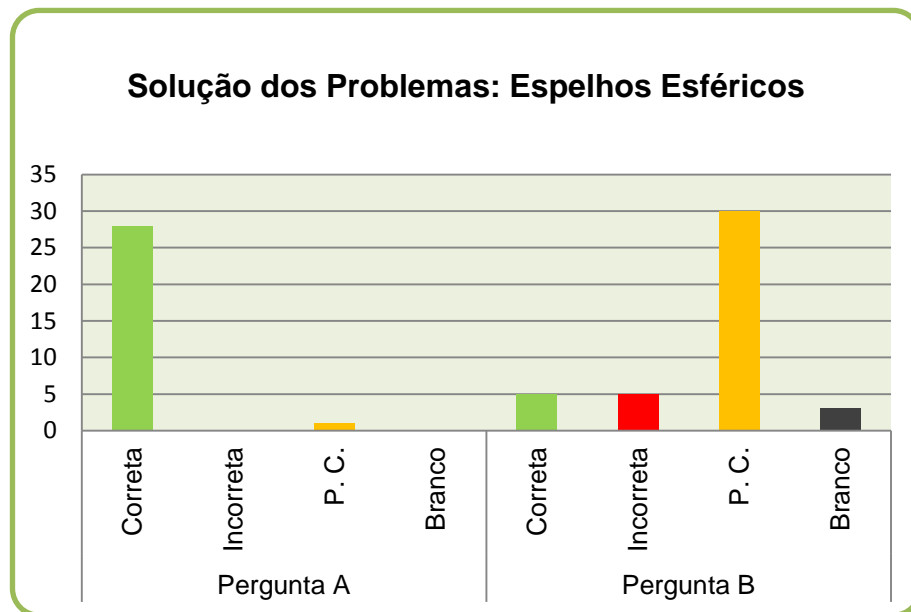


GRÁFICO 5 - Solução das questões da atividade com espelhos esféricos

Em relação à segunda questão “B” (problema que tratava dos espelhos dos dentistas e a imagem ampliada produzida pelos mesmos) houve dois problemas. O primeiro é justificado pelas poucas aulas disponíveis, visto que o ano letivo já estava quase se encerrando, impedindo que fosse feita uma demonstração da construção geométrica das imagens nesse tipo espelho. Esse fato fica evidente quando analisamos o número de respostas corretas em cinco das seis turmas analisadas. Em uma delas, a turma 2V5, houve tempo para que essas demonstrações fossem realizadas e nessa turma o resultado foi bem diferente das demais, sendo que dois grupos tiveram a resposta classificada como correta e três grupos tiveram a resposta parcialmente correta.

Avaliando a minha prática durante a aula que antecedeu a execução da última tarefa pude perceber que a mediação estabelecida não contemplou todo o auxílio necessário os estudantes no processo de resolução do problema. Levando essa premissa em consideração avaliei as respostas elaboradas pelos estudantes de

maneira menos exigente, considerando parcialmente correta as resposta em que os alunos associavam a imagem ampliada ao tipo de reflexão característica desse tipo de espelho. Diante da falta de tempo para uma melhor explanação do tema, a questão pode ter abrangido conceitos que não ficaram explícitos na demonstração experimental feita antes da realização dessa atividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de análise final abrangendo todas as etapas da pesquisa possibilitou a visualização dos êxitos e insucessos ocorridos ao longo da execução desse trabalho. Considero que ambas as situações são enriquecedoras para o processo de formação de um profissional do ensino, uma vez que através da avaliação das falhas cometidas pode-se atingir uma condição de elaboração e execução de trabalho mais próximas da perfeição. Algumas dessas situações apresentaram maior influência no desenvolvimento das unidades de ensino, portanto serão retomadas para uma nova discussão.

O trabalho colaborativo, possibilitado pela distribuição dos estudantes em pequenos grupos, realmente fomentou as discussões e debates entre os seus componentes. Os grupos que apresentaram um resultado mediano nas três atividades que compuseram essa pesquisa apresentavam uma distribuição heterogênea quanto ao desempenho dos integrantes na disciplina de Física. Esse resultado parece estar de acordo com as proposições da aprendizagem sociointeracionista de Vigotski (1984), uma vez que ao serem auxiliados por seus colegas, os alunos que tiveram um pouco mais de dificuldade com a atividade conseguiram a ajuda que necessitavam para consolidar um conhecimento que ainda não dominavam.

Nos grupos cujos integrantes eram todos alunos com bom desempenho o resultado foi bom para todas as atividades. Para Borges (2002) os alunos com melhor desempenho na disciplina de Física são os que resolvem problemas de natureza investigativa com maior habilidade, uma vez que os domínios conceitual, procedimental e atitudinal solicitados nessas atividades estão mais consolidados nas competências e habilidades desses estudantes.

Outro fator positivo observado na implementação das atividades investigativas reside na reação dos alunos diante da aceitação do erro durante a elaboração das soluções para os problemas. Na realização dessa atividade a função do professor é justamente auxiliar nos momentos de dúvidas ao longo de todo o processo, mas principalmente no momento do levantamento das hipóteses de solução. Vale ressaltar que em atividades com caráter investigativo o professor tem a função de

estimular e orientar seus estudantes, não os abandonando e sim os orientando na busca pelo objetivo exigido pela atividade.

Na unidade de termodinâmica os alunos pareciam não estar muito seguros sobre a possibilidade de entregar planos que continham entre as hipóteses levantadas algumas que eram incorretas e que foram descartadas após a realização da simulação. Eles queriam escrever um novo plano de investigação no qual não apareceriam tais hipóteses. Nesta ocasião eu expliquei para eles que o mais importante nesse caso era o fato deles terem reconhecido o que estava errado em suas suposições. Talvez tenha dado pouca atenção à fase de elaboração das conclusões, então é provável que eu os tenha privado de saber que se trata de um momento importantíssimo para a investigação, pois é justamente nessa etapa da solução do problema que os estudantes devem retomar suas hipóteses confrontando os conceitos adquiridos ao longo da atividade com os conceitos anteriores a ela.

Outro fator relevante que deve ser observado com minúcia durante a elaboração das unidades de ensino é a linguagem utilizada no material instrucional. Nossa pesquisa apontou que alguns erros conceituais podem ter sido induzidos pelos termos apresentados no simulador computacional. Segundo Vigotski (1987) a linguagem é o principal instrumento no processo de significação e formação de conceitos, então as palavras, termos e expressões devem ser utilizadas cuidadosamente para não induzir o entendimento de um conceito equivocado do ponto de vista científico escolar.

Na Unidade de Óptica também houve problemas relacionados ao uso da linguagem, no entanto, nesta situação, eles ocorreram na elaboração de duas questões. Uma delas na atividade sobre espelhos planos e a outra na atividade sobre espelhos esféricos. O cuidado com a elaboração de questões coerentes, que não sejam ambíguas, que orientem as reflexões dos estudantes parece ter sido a tarefa mais complexa na elaboração do material para as unidades, sendo identificado após a análise dos dados que pequenas imprecisões produziram resultados contrários aos objetivos deste trabalho.

A segunda questão da atividade sobre espelhos planos parece ter confundido muitos grupos. Analisando os argumentos apresentados nos planos percebemos que os estudantes acreditavam que os observadores poderiam se mover em frente ao espelho de forma que todos pudessem ver o reflexo da lâmpada pelo espelho. O comando pretendido com a questão tratava justamente dos limites do campo visual de um espelho, apresentando três pontos fixos a serem ocupados pelos integrantes de cada grupo em frente ao espelho, cabendo aos alunos conduzir à investigação sobre a partir de quais pontos não seria possível ver o reflexo da lâmpada.

Em relação à segunda questão da atividade sobre espelhos esféricos apareceram dificuldades com a resposta devido à complexidade do entendimento da formação geométrica das imagens. Foi solicitada a leitura do texto sobre o assunto no livro didático, mas não houve tempo para uma explanação sobre o assunto em sala. Assim, os alunos não tiveram aporte para a elaboração de uma resposta bem fundamentada. Apenas na turma onde houve tempo para essa demonstração alguns grupos conseguiram elaborar respostas mais próximas do correto sob o ponto de vista científico escolar. É provável que uma questão cujo comando exigisse apenas dos alunos o conhecimento sobre as características de reflexão dos espelhos côncavos teria possibilitado respostas mais abrangentes, pois a demonstração investigativa foi conduzida nesse sentido.

A Unidade de Óptica foi realizada em um cronograma muito limitado em relação à quantidade de dias disponíveis para sua execução devido ao fim do ano letivo. Dessa forma o acompanhamento feito por mim do processo de elaboração das soluções das atividades feitas pelos estudantes ficou em parte prejudicado, uma vez que havia apenas uma aula para cada etapa das atividades. Esse fato impossibilitou uma maior participação por minha parte na construção das estratégias, elaboração das respostas e condução das investigações. Esse momento da busca pelo auxílio da pessoa com o conhecimento mais consolidado a respeito de um tema é fundamental para a ressignificação necessária no processo de aprendizagem. E justamente nessa etapa houve uma insuficiência de tempo para uma intervenção apropriada.

O cronograma de qualquer trabalho deve ser a primeira etapa elaboração das atividades. Como se trata de um ambiente escolar ele deve levar em consideração todas as intercorrências desse meio para não haverem surpresas inesperadas. Nenhum executor de um projeto está livre de enfrentar fatores fortuitos que envolvam sua própria saúde ou um fenômeno natural, como um dia de chuva intensa e isso implicar na ausência em massa dos alunos devido aos alagamentos.

A percepção do tempo de duração das aulas parece nunca ser ajustada ao fator cronológico da medida, sendo sempre influenciada pelas emoções envolvidas no intervalo apreciado. Nas aulas convencionais o tempo parecia se arrastar, para mim, pois na maior parte do tempo eu era a responsável pela exposição dos assuntos, correções dos exercícios no quadro, passando a maior parte do tempo falando, e para os alunos, pois creio que acabavam ficando entediados. Eles sempre pediam para serem liberados das atividades cinco minutos antes do fim nas aulas que antecederiam o recreio e a saída do turno para organizarem os materiais nas mochilas. Durante as aulas de execução das unidades de ensino aconteceu o contrário. As aulas pareciam passar muito rapidamente e os alunos muitas vezes se assustavam quando tocava o sinal, indagando como era possível a aula já ter acabado. A sensação de que a duração de um intervalo de tempo é menor do que sua real medida aponta que as atividades realizadas nesse período estavam sendo prazerosas e que os realizadores estavam envolvidos.

A partir de nossas observações, ao longo do processo de desenvolvimento das atividades e da análise do material produzido pelos estudantes, foi possível perceber como uma atividade dentro da perspectiva investigativa amplia as possibilidades de aprendizagem no ambiente escolar. De modo geral, no ensino tradicional temos a figura do professor preocupado em apresentar novos conceitos para os aprendizes e verificar através de avaliações o quanto desses conceitos foram memorizados, enquanto que o ensino pautado em atividades investigativas promove maior envolvimento dos estudantes com o objeto de estudo. Deixando de ser meros espectadores, os aprendizes passam a ter atitudes mais independentes, pois nessa nova perspectiva eles se tornam também responsáveis pela condução da solução dos problemas apresentados nas atividades. É fato que no primeiro contato com atividades dessa natureza os estudantes reagem com alguma resistência, uma vez

que não estamos lidando apenas com a exposição de novos conceitos. Ao ser solicitado para uma simples discussão sobre as possibilidades de solução de um problema em grupo, ao invés de abrir o livro e procurar a solução individual e fazer a cópia de um trecho do texto ou reproduzir uma mesma estrutura de equações encontradas nos exemplos, estamos fomentando a mobilização não só de negociação de novos conceitos, mas também de novas atitudes e procedimentos envolvidos no processo de aprendizagem, abrindo um novo horizonte sobre suas próprias habilidades para esse aprendiz.

A possibilidade da promoção da autonomia do pensamento talvez seja a pedra fundamental dessa perspectiva de ensino, pois está nela está à garantia de um cidadão com pensamento crítico capaz de expor seu posicionamento acerca de um dado assunto, sabendo refletir, argumentar, discutir, ter a flexibilidade para ouvir e aceitar os argumentos alheios, aprender com os erros e lançar mão desse conhecimento para desafios ainda maiores. Não estamos preocupados apenas com os resultados a serem apresentados à secretaria de educação no final do ano e que se tornarão dados estatísticos para políticas públicas, mas também com a nossa responsabilidade como formadores de cidadãos que vivem e interagem nessa sociedade.

Os estudantes que participaram desse trabalho estavam no segundo ano em 2012 e hoje a maioria já ingressou no ensino superior. Acredito que a maioria não se recorda mais dos conceitos ou procedimentos envolvidos nas atividades desenvolvidas neste trabalho, no entanto, como apresentado por Pozo e Gomes Crespo (2009), acredito que o conhecimento atitudinal seja o que ainda permanece neles.

Numa perspectiva de ensino fundamentada na ação do aluno cabe ao professor o papel de orientador e guia do processo de aprendizagem. O trabalho do professor se inicia com a escolha do tema e elaboração da questão que será lançada como norteadora da investigação. A partir dessa questão a atividade será conduzida através da elaboração de um plano de trabalho para a montagem de um experimento e/ou de uma simulação computacional, ou da escrita de um texto dissertativo. Em todos esses casos os estudantes deverão apresentar uma

argumentação coerente e alinhada com o conhecimento científico escolar. Nesse processo o professor deverá estar sempre próximo auxiliando os estudantes nos momentos de dúvidas, não com respostas prontas, mas com novos questionamentos que possam levar os seus alunos a tirar suas próprias conclusões encontrando a solução para a questão proposta.

Eu também apresentei certa resistência para conduzir aulas nessa nova perspectiva. Nas primeiras aulas era muito difícil não responder quando meus alunos solicitavam ajuda. Descobrir como responder seus questionamentos com novas perguntas que estimulassem suas reflexões foi uma tarefa árdua para se aprender. Nem sempre davam certo, algumas vezes eles ficavam ainda mais confusos e eu cansada, mas depois de muitas tentativas, nós, professora e alunos, conseguimos abrir caminho por um ambiente novo, para eles e para mim. Mesmo após a leitura de artigos, capítulos de livros, de conhecer alguns padrões de práticas dessa perspectiva de ensino, de toda a ajuda do meu experiente orientador Geide, na hora de elaborar as atividades e entrar em cena com meus estudantes houve muita insegurança, dificuldades com a estrutura da escola, calendário, fenômenos naturais (chuvas de verão abundantes). Às vezes eu tive a sensação que seria impossível concluir um trabalho dessa magnitude, seja pela quantidade de turmas envolvidas, pela novidade de toda a prática que foi estabelecida, pelo pouco apoio encontrado nos colegas de profissão.

Nesse momento de conclusão do meu trabalho sinto que cresci muito com profissional da área da educação. Certamente ainda existe muito para ser feito e aprendido, no entanto, hoje com muito mais segurança e coragem para buscar cada vez mais aprimorar minha prática e promover sempre com esmero o meu trabalho como professora.

No ano de 2013 chegou às escolas públicas do Espírito Santo uma iniciativa do Governo Federal através do Programa Ensino Médio Inovador (ProEMI) buscando promover o fortalecimento e desenvolvimento de propostas curriculares que trouxessem inovações para o currículo de todas as disciplinas e que aumentasse o tempo de permanência dos estudantes na escola. Esses projetos receberiam uma quantia significativa em dinheiro para sua execução, então eu e outros professores

da área de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) decidimos fazer um projeto de revitalização do laboratório de ciências. Esse projeto seria destinado aos alunos interessados de todas as séries do ensino médio e funcionaria no contra turno dos estudantes. Como a escola conta apenas com um laboratório os professores das três disciplinas trabalhariam em revezando o espaço físico. Diante dessa necessidade apresentei aos meus colegas a alternativa de trabalharmos com atividades investigativas, pois nos momentos destinados à apresentação do problema e escrita dos planos de trabalhos os alunos poderiam utilizar a sala de aula convencional e só necessitaríamos do laboratório para a montagem e execução do experimento. Essa possibilidade ampliou a quantidade de alunos que poderiam ser atendidos de 15 para 45 por disciplina. Os colegas pareceram achar a perspectiva investigativa um pouco mais complicada que as práticas do laboratório tradicional, no entanto concordaram com a ideia e nosso projeto foi inscrito.

Em dezembro do mesmo ano houve a resposta que nosso projeto fora aceito, contudo apenas no último mês, março de 2014, o dinheiro foi liberado pelo MEC e pudemos começar a reforma do laboratório. O próximo passo será a compra dos experimentos, elaboração do material instrucional e seleção dos estudantes para darmos início a um novo momento do ensino de ciências no Colégio Estadual. Seria ideal se essa prática pudesse ser desfrutada no cotidiano escolar por todos os alunos, mas por hora é o que pode ser feito.

Esse momento de encerramento da escrita me fez lembrar os meus objetivos quando me inscrevi no processo seletivo do mestrado. Eu acreditava que aprimorando minha prática como professora poderia ajudar na construção de uma vida melhor para os meus estudantes. Pensava que através de um ensino de qualidade poderia promover grandes mudanças nas conquistas futuras desses alunos. A sensação que fica após todo esse processo é que as mudanças produzidas pelo meu trabalho são apenas um pequeno ruído nessa estrutura e que para promover um ensino de melhor qualidade precisamos minimamente contar com políticas públicas que valorizem de fato a educação. Essa luta deve ser não só de uma professora, mas de todos os profissionais da educação, dos alunos, das famílias dos alunos e de toda a comunidade, assim não teremos um pequeno ruído,

mas um grito ressonante exigindo os investimentos que são necessários para a promoção de ensino de qualidade.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR Jr. O.; MENDONÇA, D. H.; SILVA, N. S.; **Análise do discurso em uma sala de aula de ciências: a postura do professor e a participação dos estudantes.** In: VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2007, Florianópolis. VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2007.
- AZEVEDO M.C.P.S.; **Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula.** In: Carvalho, A.M.P. (org.), Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática, p. São Paulo: Thomson, 2004.
- BACHELARD, G.; **A formação do espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda, 1938.
- BORGES, A. T.; **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro. Ensino de Física. v. 19, n.3: p.291-313, dez., 2002.
- BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; SILVA, M. V. D. e GOMES, A. D. T.; **A Resolução de Problemas Práticos no Laboratório Escolar.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3, Atibaia, SP, Anais ABRAPEC, 2002.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; **Aprendendo a planejar investigações.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas. Atas.Minas Gerais: SBF, 2004.
- BRASIL. MEC. PCN. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: ciências naturais,** 1998. (on line) Disponível em <www.mec.gov.br/sef/estrut2/pcn/pdf/ciencias.pdf> Acesso em 12 de junho 2012.
- CARVALHO, A.M.P. e TINOCO, S.C.; **O Ensino de Ciências como 'enculturação'.** In: Catani, D.B. e Vicentini, P.P., (Orgs.). Formação e autoformação: saberes e práticas nas experiências dos professores. São Paulo: Escrituras, 2006.
- CUNHA, M. I.; **Conta-me Agora! As narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino.** Revista da Faculdade de Educação, vol 23 n. 1-2, São Paulo Jan/Dez 1997.
- DRIVER, R., H. ASOKO, et al.; **"Construindo conhecimento científico na sala de aula."** Revista Química Nova na Escola, 1(9). 31-40, 1999.
- FARIA, A. F.; **Engajamento de Estudantes em Atividade de Investigação.** 2008.121 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- FRANÇA, J. L.; VASCONCELLOS, A. C.; **Manual para normalização de publicações técnico-científicas.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.
- FREGUGLIA, J.; **Sentidos da Leitura Mediados pela Experiência do Estágio Supervisionado de Estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas.**

2014.200 p. Tese, Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INFELD, L.; EINSTEIN, A.; **A ascensão do conceito mecânico**. In: Einstein, A.; Infeld, L A Evolução da Física. Rio de Janeiro: Zahar Editores, p. 13-39, 1976.

MARTÍNEZ, J. D.; **El diario como instrumento de investigación de los procesos de enseñanza-aprendizaje de lenguas extranjeras**. p.271-280; ASELE. Actas VIII, 1997.

MOREIRA, M. A.; **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; **Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino**. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), Porto Alegre - RS, v. 7, n.3, p. 7, 2002.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H.; **A Linguagem em uma Aula de Ciências**, **Presença Pedagógica**, v.2, n.11, 49-57, 1996.

MORTIMER. E. F.; **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?**. **Investigações em Ensino de Ciências**, v 01, n 01, p. 20-39, 1996.

MUNFORD, D.; LIMA, M.; **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.09, n01, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL; **Inquiry and the National Science Standards: A guide for teaching and learning**. New York, National Academy Press, 2000.

NÉBIAS, C. M.; **Formação de Conceitos e Aprendizagem Escolar**. Interface. Comunicação, Saúde e Educação, São Paulo, v. 3, n.4, p. 31-34, 1999.

PCN; **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciência da natureza, matemática e suas tecnologias**/ Ministério da Educação. - Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria da Educação Média e Tecnológica, p. 47-62, 1999.

PENHA, S. P.; CARVALHO, A. M. P.; Vianna, D. M.; **A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo**. In: VII ENPEC, 2009, Santa Catarina. VII ENPEC - Encontro de Pesquisadores de Ensino de Ciências. Florianópolis, 2009.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G.; **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, B. A.; **O Ensino de Ciências por Investigação em Escolas da Rede Pública**. 2008 197 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Programa de

Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T.; **Qual foi o objetivo da aula hoje?** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.


VIGOTSKI, L.S.; **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VIGOTSKI, L.S.; **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

ZÔMPERO A. F.; LABURÚ C. E.; **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**, Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.67-80, set-dez, 2011.

ZÔMPERO, A. F.; LABURU, C. E.; **As atividades investigativas na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa**. Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (En línea), v. 05, p. 12-19, 2010.

Anexo A – Texto para debate sobre uma investigação

 COLÉGIO ESTADUAL	TEXTO PARA DEBATE		
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física	Data: /06/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano	

A grande história de mistério

Na imaginação, a história de mistério perfeito existe. Tal história fornece todas as pistas essenciais e nos compele a formar a nossa própria teoria sobre o caso. Seguindo a trama cuidadosamente, chegamos por nós mesmos à solução em si, contrariamente às dos mistérios de qualidade inferior, não nos desaponta; mais ianda, ela aparece precisamente no momento em que esperamos.

Poderemos comparar o leitor de tal livro aos cientistas, que através de gerações sucessivas, continuam a buscar soluções para os mistérios no livro da natureza? A comparação é falsa e terá de ser posteriormente abandonada, mas tem uma parcela de justificativa que pode ser aumentada e modificada para que se torne mais apropriada ao esforço da ciência para resolver o mistério do universo.

A grande história de mistério ainda não está solucionada. Não podemos sequer estar certos de que tenha uma solução final. A leitura já nos porporcionou muito; ensinou-nos os rudimentos da linguagem da natureza; permitiu-nos compreender muitas pistas e revelou-se uma fonte de prazer e estímulo no avanço frequentemente árduo da ciência. Mas nós nos apercebemos de que, a despeito de todos os volumes lidos e compreendidos, ainda estamos longe de uma solução completa, se é que tal coisa de fato existe. Em cada etapa tentamos encontrar uma explicação consistente com as pistas já descobertas. Teorias tentativamente aceitas explicaram muitos dos fatos, mas ainda não foi elaborada uma solução geral compátivel com todas as pistas conhecidas. Com muita frequência, uma teoria aparentemente perfeita provou ser inadequada à luz de mais leituras. Aparecem novos fatos contradizendo a teoria ou por ela inexplicados. Quanto mais lemos, tanto mais plenamente apreciamos a perfeita construção do livro, muito embora a solução completa pareça recuar ao avançarmos.


Em quase todo romance policial, desde os admiráveis contos de Conan Doyle, chega um ponto em que o investigador colige todos os fatos de que necessita para solucionar pelo menos alguma fase de seu problema. Esses fatos se mostram incoerentes e inteiramente sem relação entre si. Contudo, o grande detetive percebe não serem necessárias mais investigações no momento e que somente o raciocínio levará a uma correlação dos fatos coligidos. Assim sendo, ele toca o seu violino ou repousa em uma poltrona deliciando-se com o seu cachimbo, e eis que, - por Deus! -, eis a resposta. Ele não apenas tem uma explicação para as pistas conhecidas como também sabe que outros acontecimentos deverão ter ocorrido. Como sabe agora onde buscar o que deseja, poderá, se o quiser, sair em buscada confirmação de sua teoria.

O cientista que lê o livro da natureza deverá, caso se nos permita repetir a expressão batida, encontrar ele próprio a solução, pois não pode, como o fazem frequentemente os leitores impacientes das histórias, consultaro fim do livro. Em nosso caso, o leitor é também um investigador que procura explicar, pelo menos em parte, a relação entre os acontecimentos e o seu rico contexto. Para obter até mesmo uma solução parcial o cientista tem de coligir os fatos desordenados disponíveis, tomando-os coerentes e compreensíveis pelo pensamento criador.

Constitui nosso objetivo esboçar em traços largos, nas páginas seguintes, o trabalho dos físicos que corresponde à reflexão pura do investigador. Ocupar-nos-emos principalmente dos pensamentos e ideias da busca aventurosa do conhecimento do mundo físico.

Texto retirado do livro "A EVOLUÇÃO DA FÍSICA", páginas 13 e 14.
Albert Einstein
Leopold Infeld

Apêndice A – Roteiro para a atividade com balões

 COLÉGIO ESTADUAL	PLANO DE INVESTIGAÇÃO - ATIVIDADE AVALIATIVA	
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física Data: /06/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano
	Valor da prova: 5,0 pontos	Nota:

⇒ Analisem calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Releia seu plano antes de entregá-lo à professora. / Sempre use o tutorial de utilização da simulação para fazer o levantamento e o teste de hipóteses.
 ⇒ Deixe todos os argumentos, a forma como os dados serão coletados e resultados obtidos no plano do grupo.

SITUAÇÃO 1: Balão de ar quente.

Problema: Em uma câmara está inserido um balão de ar quente. Pretendendo-se avaliar as condições de flutuação do balão, mantendo-se o **volume constante**, como fazer com que o balão de ar quente flutue dentro da câmara de gás? (O ícone referente ao balão de ar quente deve estar fixado no máximo para iniciar a exploração)

Depois de discutir com o grupo e registrar a (s) possível (is) solução (ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da simulação para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando simulação. Lembrem-se também:

(i) de cada passo realizado, cada comando acionado na simulação para alterar as condições iniciais do ambiente que é composto pela câmara e pelo balão de ar quente;

(ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração da simulação. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.

SITUAÇÃO 2: Balão de hélio.

Problema: Em uma câmara está inserido um balão de hélio. Pretendendo-se avaliar as condições de flutuação do balão, mantendo-se a **pressão constante**, como fazer com que o balão de ar quente flutue sobre a câmara de gás? Depois de discutir com o grupo e registrar a(s) possível(is) solução(ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da simulação para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando a simulação. Lembrem-se também:


(i) de explicar cada passo realizado, cada comando acionado na simulação para alterar as condições iniciais do ambiente que é composto pela câmara e pelo balão de ar quente;

(ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração da simulação. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.

NÃO PODE FALTAR NO PLANO:

- 1) Objetivo.
- 2) As hipóteses iniciais para a solução do problema.
- 3) As informações coletadas e as explorações realizadas na simulação.
- 4) Conclusões com as discussões sobre a confirmação (ou não) das hipóteses e das consequências delas derivadas.

Apêndice B – Roteiro para a atividade com espelhos planos

 COLÉGIO ESTADUAL	PLANO DE INVESTIGAÇÃO - ATIVIDADE AVALIATIVA		
	Professora: Rosa M. Ambrózio		Disciplina: Física
	Aluno (a):		Data: /11/2012.
	Valor da prova: 5,0 pontos		Série: 2º Ano
		Nota:	

⇒ Analisem calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Releia seu plano antes de entregá-lo à professora.
 ⇒ Deixe todos os argumentos, a forma como os dados serão coletados e resultados obtidos no plano do grupo.


SITUAÇÃO 1: Associação de espelhos planos
 Problema: Qual(is) é(são) a(s) associação(ões) feita(s) com dois espelhos planos para que seja formado o maior número possível de imagens de um objeto colocado entre eles?

Depois de discutir com o grupo e registrar a(s) possível(is) solução(ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da do experimento para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando o experimento. Lembrem-se também:

- (i) de cada passo realizado, cada arranjo organizado com os espelhos;
- (ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração do experimento. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.

SITUAÇÃO 2: Ângulo de reflexão
 Problema: Uma lâmpada acesa está em frente a um espelho plano conforme mostrado na figura.




Qual(ais) observador(es) consegue(m) ver a lâmpada pelo espelho?

Depois de discutir com o grupo e registrar a(s) possível(is) solução(ões) para essa problema (ou seja, depois de discutir e registrar as hipóteses do grupo) inicie a exploração da do experimento para tentar solucionar o problema proposto.

Descreva quais estratégias estão presentes no seu plano para testar suas hipóteses utilizando o experimento. Lembrem-se também:

- (i) de cada passo realizado, cada arranjo organizado com os espelhos;
- (ii) de discutir e registrar se as hipóteses iniciais do grupo foram confirmadas durante a exploração do experimento. Se as hipóteses iniciais não foram confirmadas, explicar qual foi a atitude do grupo diante dessa situação de conflito.

Apêndice C - Roteiro para a atividade com espelhos esféricos


 COLÉGIO ESTADUAL	QUESTÕES ABERTAS - ATIVIDADE AVALIATIVA		
	Professora: Rosa M. Ambrózio	Disciplina: Física	Data: /12/2012.
	Aluno (a):	Série: 2º Ano	
	Valor da prova: 5,0 pontos	Nota:	

⇒ Analisem calmamente o problema. / Registre todas as hipóteses levantadas pelo grupo. / Releiam seus textos antes de entregá-los à professora.
 ⇒ Deixe todos os argumentos no plano do grupo.

SITUAÇÃO 1: Espelhos como dispositivo de segurança

Problema: Algumas lojas de conveniência, pequenas mercearias, farmácias, portões de garagem e portas de descida de passageiros em ônibus urbanos costumam ter espelhos localizados geralmente na sua parte superior, seja do estabelecimento ou veículo. Explique qual é a utilidade desse dispositivo para a segurança das pessoas e justifique sua resposta com argumentos fisicamente aceitos.

Depois de discutir com o grupo e registrar o(s) possível(is) argumento(s) para esse problema redija um breve texto dissertativo com aproximadamente dez linhas explicitando o que foi solicitado.




Acessado em 10/10/2012 <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/good-quality-anti-theft-safety-plastic-convex-mirrors-for-shop-201002417.html>

SITUAÇÃO 2: Espelhos de dentistas

Problema: Desde pequenos passamos pelo dramático momento de ir ao dentista. Entre os aparatos desse profissional existe um que não é assustador: o pequeno espelho. Para observar todos os minúsculos detalhes dos dentes, além de uma boa iluminação, o dentista também precisa que esse espelho forneça uma imagem nítida e ampliada. Diga qual é o tipo de espelho utilizado e explique como é possível produzir uma imagem dessa natureza.

Depois de discutir com o grupo e registrar o(s) possível(is) argumento(s) para esse problema redija um breve texto dissertativo com aproximadamente dez linhas explicitando o que foi solicitado.



Acessado em 10/10/2012 <http://www.odontomagazine.com.br/2011-10-boca-o-espelho-da-saude-10454>