



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

INÁCIO MAMEDE DE LIMA

**EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS E ENSINO DE FÍSICA:
UMA EXPERIÊNCIA NA SALA DE AULA**

Campina Grande, março de 2012

INÁCIO MAMEDE DE LIMA

**EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS E ENSINO DE FÍSICA:
UMA EXPERIÊNCIA NA SALA DE AULA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

Campina Grande, março de 2012

INÁCIO MAMEDE DE LIMA

**EXPERIMENTOS DEMONSTRATIVOS E ENSINO DE FÍSICA:
UMA EXPERIÊNCIA NA SALA DE AULA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

Aprovado em ____ de _____ de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano – Orientador – UEPB

Prof. Dr. Cidoval Moraes de Sousa – UEPB (examinador interna)

Prof. Dr. Wojciech Andrzej Kulesza - UFPB (examinador externo)

Dedico este trabalho

À minha família pela confiança e o incentivo
que me proporcionaram no decorrer da
construção deste estudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela oportunidade desse momento de aperfeiçoamento e aprendizagem.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram.

Ao meu Orientador, professor Marcelo Germano, por ter dado a oportunidade de trabalhar consigo nesta pesquisa, enriquecendo-me com suas críticas e sugestões.

Aos professores Cidoval Morais e Wojciech Kulesza que compõem a banca examinadora e muito contribuíram com suas sugestões.

Aos professores e colegas do Programa de Mestrado, pelo período de convivência e aprendizado.

Às professoras Patrícia Loédna e Maria Lúcia da Silva Nunes, meu obrigado especial.

Aos alunos da Escola Estadual Senador José Gaudêncio, pelo carinho e atenção.

A todos aqueles, que de alguma forma estiveram presentes na realização deste trabalho.

“A educação autêntica não se faz de A para B sobre A, mas de A com B, mediatizados pelo mundo. Mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele.”

(Paulo Freire)

RESUMO

A busca por uma melhor compreensão a respeito da utilização de atividades experimentais no decorrer das aulas expositivas e a identificação de dinâmicas discursivas adequadas a essa prática pedagógica têm sido motivo de diversas pesquisas, discussões e análises no intuito de proporcionar um ensino de Física mais significativo e atraente. Neste trabalho de pesquisa, objetivamos investigar se a estratégia de ensino baseada na aplicação de atividades experimentais de demonstração em sala de aula, na perspectiva da teoria sociocultural de Vygotsky, torna possível a interação social dos alunos com o professor e dos alunos entre si, de forma a contribuir para a construção do conhecimento e resignificação do processo de ensino e aprendizagem de Física. Neste sentido, focamos nossa análise nos discursos que ocorrem em torno dessas atividades. Professora e alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual da cidade de Serra Branca-PB compõem o universo deste estudo, em que utilizamos uma metodologia de natureza qualitativa, do tipo Estudo de Caso, tendo como instrumento de investigação a observação livre no ambiente natural de sala de aula e uma entrevista semi-estruturada com a professora. Para facilitar a transcrição dos diálogos ocorridos em sala de aula, como recurso auxiliar, utilizamos gravações em áudio e vídeo.

Palavras-chave: Atividades de demonstração; Interações discursivas; Ensino de Física; Abordagem comunicativa.

ABSTRACT

The search for the better understanding about the use of experimental activities during the expositive classes and the identification of a appropriate dynamics discourse this teaching practice have been the subject of several researches, discussions and analysis in order to provide the most meaning and attractive Physics teaching. In this research work we investigate, we investigate if the teaching strategy based on the application of experimental demonstration activities in the classroom, in the perspective of the Vygotsky's sociocultural theory, makes possible the social interaction of students with teacher and students together, in order to contribute to knowledge construction and reframing of teaching and learning of physics. In this sense, we focus our analysis on the discourses that occur around these activities. Teacher and students of the second year of high school of the State School in the city of Serra Branca's city in Paraiba make up the universe of this study, where we use a qualitative methodology, type Case Study, taking as research instrument the free observation in the natural environment of the classroom and a semi-structured interview with the teacher. To facilitate the transcription of the dialogues occurred in the classroom as auxiliary resource, use audio and video recordings.

Key words: Demonstration activities; discursive interactions; Physics Teaching; Communicative approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Professora demonstrando a experiência da seringa.....	80
Figura 2- Grupo A demonstrando como identificar a pressão atmosférica e a altitude em um determinado local	92
Figura 3- Experiência de Tyndall realizada pelos alunos do grupo B.....	98
Figura 4- Alunas do grupo C tentando realizar a experiência de Tyndall.....	98
Figura 5- Alunos do grupo D realizando atividade experimental.....	104
Figura 6- Alunos do grupo E verificando a temperatura de ebulição da água numa panela tampada e numa panela destampada.....	109
Figura 7- Alunos do grupo F realizando atividade experimental.....	109
Figura 8- Termoscópio.....	110
Figura 9- Aluno utilizando as mãos para aquecer o bulbo do termoscópio.....	110
Figura 10- Experiência de Tyndall apresentada pelos alunos do grupo C.....	112
Figura 11- Um aumento de pressão faz aumentar o valor da temperatura de fusão do chumbo.....	138
Figura 12- O gelo funde-se apesar de estar abaixo de 0°C, devido à pressão exercida sobre ele.....	139
Figura 13- Em uma panela de pressão a água atinge temperaturas superiores a 100°C.....	139
Figura 14- É difícil cozinhar no alto do monte Everest porque ali a temperatura da água, em uma panela aberta, não ultrapassa 72°C.....	139
Figura 15- É possível fazer a água entrar em ebulição a temperatura relativamente baixa.....	140

SUMÁRIO

PALAVRAS INICIAIS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1. O ensino de Física e as atividades experimentais.....	20
2.2. Obstáculos.....	21
2.3. Tipos de laboratório didático.....	26
2.4. Níveis de Investigação no laboratório de Ciências.....	28
2.5. Papel da atividade experimental no Ensino de Física.....	29
2.6. Tendências do laboratório didático no Brasil.....	34
2.7. Interações sociais, práticas discursivas e atividades experimentais.....	38
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	43
3.1 Aspectos gerais da teoria de Vygotsky.....	43
3.2 Aprendizagem e Desenvolvimento.....	43
3.3 A relação entre conceitos espontâneos e conceitos científicos.....	52
4. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	65
4.1 Metodologia para coleta de dados.....	65
4.1.1 Sobre os sujeitos e local do desenvolvimento da pesquisa.....	65
4.1.2 Sobre os instrumentos utilizados para a coleta de dados.....	67
4.1.3 Sobre as aulas.....	69
4.2. Metodologia para análise de dados.....	71
4.2.1 Intenções do professor.....	74

4.2.2 O conteúdo do discurso de sala de aula.....	75
4.2.3 Abordagem Comunicativa.....	76
4.2.4 Padrões de Interação.....	77
4.2.5 As Intervenções do professor.....	77
5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	79
5.1 Episódio de ensino/aprendizagem 1.....	79
5.2 Episódio de ensino/aprendizagem 2.....	91
5.3 Episódio de ensino/aprendizagem 3.....	97
5.4 Episódio de ensino/aprendizagem 4.....	104
5.5 Episódio de ensino/aprendizagem 5.....	111
5.6 Episódio de ensino/aprendizagem 6.....	114
5.7 Indicações da teoria de Vygotsky nas aulas que envolveram atividades experimentais demonstrativas em uma abordagem contextualizada.....	121
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
APÊNDICE.....	134
ANEXOS.....	137

PALAVRAS INICIAIS

Ao longo de 20 anos de experiência, como professor de Física da rede pública, algumas inquietações relacionadas aos aspectos cognitivos, subjetivos e emocionais, têm me chamado atenção no sentido de promover entre os alunos uma educação significativa e coerente. Dentre essas questões, refleti sobre quais as evidências de que as interações sociais mediadas pelo uso de atividades experimentais, utilizando uma abordagem contextualizada, viabilizam a aprendizagem dos conceitos científicos e que o uso de atividades experimentais proporciona o interesse e engajamento dos alunos.

Na minha trajetória discente no ensino médio, não tenho lembranças de ter realizado, nem sequer observado, alguma atividade experimental prática. Apenas recordo algumas atividades experimentais sugeridas nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental. Raramente, os professores realizavam algum comentário sobre as mesmas.

Entrei em um laboratório de Física quando ingressei em uma universidade como aluno de engenharia civil e, em outra universidade, como aluno de licenciatura em Física. Recordo que, nas duas universidades, as atividades experimentais, que nós realizávamos, tinham um caráter comprobatório. Limitavam-se ao desenvolvimento de habilidades experimentais, para obtenção de boas medidas, análise e interpretação dos dados.

Mesmo antes de concluir a licenciatura, comecei a lecionar em escolas públicas, e a preocupar-me com a crise no ensino de Física, evidenciada pela falta de interesse e dificuldade de aprendizagem nas escolas, resultando em evasão escolar e elevados índices de analfabetismo científico. No ensino básico, aprende-se pouco da Física e, o que é mais grave, geralmente se aprende a não gostar dela.

Apesar de as escolas não disporem de recursos pedagógicos, nem infraestrutura, para desenvolvermos um trabalho melhor, percebi a necessidade da inserção de ações, no sentido de substituir um ensino de Física descontextualizado, fragmentado, baseado na transmissão e acúmulo de informações desprovidas de significado conceitual para os estudantes, por uma aprendizagem que

proporcionasse a compreensão dos conceitos físicos, através de discussões acerca dos conteúdos em questão.

Partindo da ideia de que a Física surgiu da própria experiência e se desenvolveu para poder explicar alguns fenômenos da natureza, contribuindo para obtenção de novos conhecimentos e recursos que podem colaborar para uma melhor qualidade de vida, procurei apresentar atividades experimentais em sala de aula, não só para efetivar demonstração e verificação, mas, sobretudo, para suscitar o debate em torno do tema que estava sendo trabalhado.

Porém, no decorrer das aulas, constatei que a realidade se mostrou bem mais complexa do que eu imaginava. Por mais que eu diversificasse as atividades experimentais demonstrativas, relativas a um determinado conteúdo, sentia que era preciso compreender melhor não só o que essas atividades poderiam proporcionar para o processo ensino e aprendizagem de Física, mas também a importância de uma maior aproximação entre conhecimentos científicos e conhecimentos espontâneos.

Verifica-se que o ensino praticado nas escolas de nível médio, particularmente nas aulas de Física, geralmente, não leva em consideração um conjunto de conhecimentos adquiridos pelo aluno, decorrentes de suas próprias observações dos fatos cotidianos.

Diante dessa realidade, após buscar informações e alternativas acerca do ensino de Física, por meio da literatura, dos cursos de capacitação (Pró-Ciências promovido pela UEPB, curso de aperfeiçoamento de professores de Física, pela UFPB, entre outros), questionamentos com pessoas mais experientes e muita reflexão, passei a me preocupar cada vez mais com a necessidade de reduzir a dicotomia existente entre teoria e prática. Comecei também a utilizar conteúdos curriculares compatíveis com as necessidades do aluno, através da inserção de uma ação pedagógica que desenvolvesse uma responsabilidade associada ao prazer pelo aprender, baseada no diálogo, na participação coletiva, propiciando o enriquecimento das relações sociais e a inter-relação entre os conceitos científicos e espontâneos.

Congressos e simpósios de ensino de ciências, como o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e o

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), ressaltam a importância de tornar o ensino de Física mais experimental, contextualizado, mais significativo e voltado para o desenvolvimento de projetos que priorizem propostas pedagógicas estruturadas na interdisciplinaridade, existindo uma real cooperação e troca de informações.

Comecei, então, a trabalhar com projetos que envolviam a participação ativa dos alunos, visando sensibilizá-los sobre a importância da compreensão de sua realidade e do mundo em que vivem. Nesse sentido, concordo que o experimento serve efetivamente para estudar o curso do desenvolvimento de um processo. Desde que ele proporcione aos alunos o máximo de oportunidades, permitindo-lhes manipular objetos e ideias, e negociar significados entre si e com o professor, nas mais variadas atividades que possam ser observadas, e não apenas rigorosamente controladas.

Assim, tive a ideia de realizarmos uma Feira de Ciências, em que os alunos, organizados em pequenos grupos, foram envolvidos na elaboração, construção e apresentação de atividades experimentais, centradas em temas e atividades desenvolvidas em sala de aula no decorrer do ano letivo e concretizadas no último semestre com a realização da Feira de Ciências na escola. Na época, já defendia que a Feira de Ciências deve estar integrada no currículo escolar, sendo organizada desde o começo do ano letivo para que o momento da apresentação seja o coroamento de toda uma atividade escolar.

Constatarei a relevância desse evento, não só pela curiosidade e exploração ativa por parte dos alunos, mas também, por proporcionar democratização e acesso ao conhecimento científico e tecnológico, incentivando o interesse pela ciência e pelas relações entre os conceitos científicos e a vida. Mancuso e Leite Filho (2006), Lima (2005) e Pavão (2004) destacam a importância das Feiras de Ciências, realizadas pelos alunos, mediadas pelos professores e voltadas para a comunidade em que a escola está inserida. Para eles, constitui-se um dos meios mais completos e eficientes de divulgação e popularização da ciência. Sobre esta diferença, Germano e Kulesza (2007, p.20) afirmam que “popularizar é muito mais do que vulgarizar ou divulgar a ciência. É colocá-la no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais”.

Essa experiência que vivenciei contribuiu bastante para a suposição de que a motivação do aluno para o estudo da Física e o conseqüente problema com a aprendizagem estariam relacionados, principalmente, à forma como o ensino de Física é realizado nas escolas. Passei a acreditar que uma das maneiras mais frutíferas de enfrentar tais problemas era a construção do conhecimento pelo aluno, mediada pelo professor, através da inter-relação experimento – teoria – cotidiano.

Ingressei no mestrado profissionalizante do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no ano de 2009, com o objetivo de entender melhor a trama do processo ensino e aprendizagem de Física, apresentando uma proposta de pesquisa envolvendo os fatores que dificultam a inserção de atividades práticas/experimentais em salas de Ciências no Ensino Fundamental.

Após reunião com o orientador, fui convencido pelo mesmo que, para se ter uma proposta viável, seria necessário delimitar o objeto de estudo. Optei, então, por analisar o envolvimento do aluno no desenvolvimento dos conteúdos da Física a partir de atividades experimentais de demonstração em sala de aula do Ensino Médio. São atividades que podem ser utilizadas em meio à apresentação teórica, sem interrupção da abordagem conceitual que está sendo explorada na aula.

1. INTRODUÇÃO

Verificamos que, incorporada à cultura e integrada como instrumento tecnológico, a Física enquanto ciência que estuda a natureza tem na atividade experimental uma forte aliada no processo educacional, sendo inclusive defendida por diversos pesquisadores, tais como, Laburú *et al.* (2007), Carrascosa *et al.* (2006), Gaspar e Monteiro (2005), Sére *et al.* (2003), Borges (2002) e Alves Filho (2000), que ressaltam a importância das atividades experimentais como desencadeadoras da motivação e impulsionadoras da aprendizagem de conteúdos para níveis mais significativos.

Mas, apesar de inegável a relevância das atividades experimentais integradas ao ensino de Física, muito se tem questionado sobre a forma e os meios como elas são empregadas, bem como o papel que desenvolvem na sala de aula, visando, não só, encontrar estratégias que conduzam os alunos à aprendizagem dos conceitos físicos, mas que ao mesmo tempo proporcionem a evolução das capacidades científicas, essenciais à atuação crítica e eficaz desses estudantes na sociedade.

O número de pesquisas que procuram identificar aspectos importantes dos processos interativos ocorridos durante a construção conjunta do conhecimento por professores e alunos, o modo como organizam suas falas a partir da interpretação que fazem do discurso do outro, mediados pela utilização de atividades experimentais aumentou nos últimos anos. Os trabalhos de Couto (2009), Aguiar & Mortimer (2005), Monteiro & Teixeira (2004), Gaspar *et al.* (2004), Mortimer & Scott (2002), são exemplos de alguns estudos.

Estudos voltados para uma melhor compreensão acerca da forma como os significados são desenvolvidos e compartilhados por meio do uso da linguagem e outros modos de comunicação, no contexto social de sala de aula de Ciências, são embasados na perspectiva teórica relacionada à corrente sócio-histórica ou sociocultural na qual o processo de conceitualização está relacionado com a construção de significados (VYGOTSKY, 2008). O foco está no processo de significação, como afirmam Mortimer e Scott (2002, p.284):

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.

Nesse sentido, a pesquisa que desenvolvemos teve como principal objetivo investigar se a estratégia de ensino baseada na aplicação de atividades experimentais de demonstração em sala de aula, na perspectiva interacionista da teoria de Vygotsky, torna possível a interação social dos alunos com o professor e dos alunos entre si, de forma a contribuir para a construção do conhecimento e ressignificação do processo de ensino e aprendizagem.

Visando alcançar o objetivo, analisamos os discursos que emergem a partir da relação professor/alunos/experimento. Segundo Gowin (apud ASSIS; TEIXEIRA, 2007, p.4), há uma “relação triádica entre professor, materiais educativos e aprendiz”, de modo que um episódio de aprendizagem caracteriza-se por “compartilhar significados entre aluno e professor” acerca dos conhecimentos veiculados pelos referidos materiais, ocorrendo uma busca de “congruência de significados” pelos mesmos.

A hipótese norteadora é a de que a aplicabilidade de atividades experimentais em sala de aula de Física, tendo como referencial a teoria de Vygotsky, que enfatiza em sua obra a importância do ambiente sociocultural para a aprendizagem e o desenvolvimento, é viável. Desde que os alunos sejam agentes participativos e autônomos e o educador um agente mediador e articulador da aprendizagem, procurando induzir os alunos a criar e, em seguida, discutir questões relacionadas com as investigações que devem desenvolver, proporcionando situações específicas e momentos de reflexão sobre os fenômenos físicos apresentados.

Buscando resposta para essa questão, formulamos as seguintes perguntas norteadoras, que devem apontar caminhos, argumentos e considerações para uma melhor compreensão e aprofundamento acerca do problema: Como diferentes tipos de discurso construídos em torno das atividades experimentais de demonstração em sala de aula de Física proporcionam a interação social de forma a efetivar o

processo de construção de significados, pelos alunos? As interações discursivas possibilitam ou não o desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal¹ (ZDP)?

A escolha pela teoria de Vygotsky deve-se especialmente porque ela se baseia na premissa de que a aprendizagem se efetiva, principalmente, pela interação social dos alunos com o professor, dos alunos entre si e do contexto em que estão inseridos, contribuindo para a internalização de significados. Trata-se de um processo que caminha do plano social - relações interpessoais - para o plano individual interno - relações intrapessoais.

A partir de Vygotsky, compreendemos, também, que a formação de conceitos depende do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o modo de pensar. Um fator importante é a função da linguagem. Na interação, mediada pela linguagem, constroem-se os conceitos do cotidiano que, reelaborados na mente dos indivíduos, irão refletir as suas vivências do meio cultural.

Com relação às aulas investigadas, foram ministradas por uma professora, em uma turma da 2ª série do ensino médio, de uma escola pública da cidade de Serra Branca-PB, localizada na região do cariri paraibano, em que observamos o desenvolvimento de atividades que abordam conceitos relacionados à unidade “calor”, composta de dois capítulos: “Mudanças de fase” e “Leis da Termodinâmica”.

A escolha pela professora ocorreu em função desta normalmente trabalhar, juntamente com os alunos, atividades experimentais de demonstração no decorrer de aulas expositivas e acreditar que se trata de uma metodologia que proporciona condições de participação ativa dos alunos, inclusive no desenvolvimento de práticas discursivas, fundamentais para apropriação do conhecimento científico.

No intuito de observar as formas como a professora e alunos interagem em sala de aula de Física, destacando o modo como formulam suas perguntas e respostas, como expressam suas ideias, e as explicações e intervenções da professora, adotamos uma pesquisa de natureza qualitativa, do tipo Estudo de Caso.

¹ É a distância entre aquilo que o indivíduo é capaz de fazer de forma autônoma (nível de desenvolvimento real) e aquilo que ela realiza em combinação com elementos de seu grupo social (nível de desenvolvimento potencial). Maiores detalhes podem ser encontrados em “A formação social da mente”; VYGOTSKY (2008, p.97).

“Pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo” (SEVERINO, 2008, p.121). Como instrumentos de investigação, realizamos a observação livre no ambiente natural de sala de aula e uma entrevista semiestruturada com a professora. Para facilitar a transcrição dos diálogos ocorridos em sala de aula, como recurso auxiliar, fizemos gravações em áudio e vídeo.

Para verificar o modo como os discursos vão sendo construídos, em torno das atividades experimentais, pela professora e alunos, aplicamos aspectos da ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2002), que tem como foco investigar o processo pelo qual os significados são criados e desenvolvidos no plano social de sala de aula, com a utilização da linguagem, interação e mediação. É uma estrutura analítica baseada em *cinco aspectos* inter-relacionados e agrupada em três dimensões: focos de ensino (*intenções do professor, conteúdo*), abordagem (*abordagem comunicativa*) e ações (*padrões de interação e intervenções do professor*).

Neste trabalho, analisamos de forma mais detalhada as *intenções do professor* (apresentando um problema; explorando a visão dos estudantes; introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’; guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas e dando suporte às internalizações; guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas, transferindo-lhes progressivamente o controle e responsabilidade por seu uso e mantendo e desenvolvendo a ‘estória científica’), *abordagem comunicativa* (discurso interativo/dialógico, não-interativo/dialógico, interativo/de autoridade, não-interativo/de autoridade) e as *intervenções do professor* (dando forma aos significados; selecionando significados; marcando significados-chave; compartilhando significados; checando o entendimento dos estudantes; revendo o progresso da ‘estória científica’).

Optamos por investigar o desenvolvimento das atividades em três momentos, com duração de 90 minutos (previstos) cada. O *primeiro momento* constou de leitura e interpretação de textos, seguida da realização de uma atividade de demonstração/observação aberta. A intenção da professora foi tornar oportuno o levantamento de questões problematizadoras, auxiliando-lhe na identificação de concepções espontâneas ou explicações prévias por parte dos alunos. Além de

servir como ponto de partida para contextualização teoria-prática, planejamento e realização de outras atividades experimentais.

Em um *segundo momento*, enquanto os componentes de cada grupo, constituído em média por quatro alunos, apresentaram suas atividades experimentais, a professora destacou, no quadro de giz, as ideias expostas pelos mesmos, juntamente com aquelas que emergiram das intervenções dos demais colegas. Já no *terceiro momento*, continuaram as apresentações e intervenções, seguidas de um questionamento promovido pela professora sobre o modelo científico capaz de explicar as demonstrações.

No que se refere à estrutura, além desta introdução, a dissertação é constituída de outros cinco capítulos. No segundo capítulo, realizamos uma revisão da literatura, sobre as atividades experimentais no ensino de Física. O referencial teórico que orienta a pesquisa foi apresentado e discutido no terceiro capítulo. No quarto capítulo, expomos a metodologia da pesquisa, dividida em duas partes: a metodologia para a coleta de dados e a metodologia para análise de dados. No quinto capítulo foram disponibilizadas a análise e interpretação dos dados, indicando resultados relativos às questões de pesquisa. O sexto e último capítulo foi dedicado às considerações finais, o que compreende uma discussão sobre as implicações dos resultados obtidos e as perspectivas futuras desse trabalho de pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O ensino de Física e as atividades experimentais

As divergências sobre a natureza da ciência proporcionam diferentes interpretações e estilos de se conduzir as atividades experimentais. Muito se tem discutido sobre a relevância das atividades experimentais integradas no contexto escolar, quer sejam feitas pelo professor ou pelos alunos. O modo e os meios como elas são aplicadas, assim como o papel que desenvolvem na sala de aula. Fatos esses que nos despertaram para as implicações que isso acarreta quanto às concepções do laboratório didático, em especial de Física.

Diante de tal contexto, realizamos um levantamento de artigos, dissertações e teses sobre atividades experimentais como estratégia de ensino de Física, direcionada ao ensino médio, visando, assim, subsidiar as investigações em que estamos envolvidos em nosso trabalho de pesquisa.

Constatamos que as discussões referentes ao uso de atividades experimentais no ensino de Ciências se intensificaram a partir da segunda metade do século XX, com o surgimento de novos modelos para o desenvolvimento científico. Epistemólogos como Thomas Kuhn, Karl Popper, Gaston Bachelard, entre outros, ao questionarem a natureza do conhecimento humano, sob a perspectiva da interação não neutra entre sujeito e objeto, contribuíram para um amadurecimento acerca da função histórica do experimento, ao permitir uma melhor compreensão da relação entre teoria – experimento – realidade, tornando possível entender as visões de ciência embutidas nas diversas propostas de ensino experimental.

Nessa época, enquanto filósofos e epistemólogos continuavam suas polêmicas a respeito da ciência, os cientistas desenvolviam projetos como o Physical Science Study Committee (PSSC) e o Harvard Physics Project, nos Estados Unidos, Nuffield, na Inglaterra, e o Projeto de Ensino de Física (PEF), no Brasil, que tinham como ideia básica reproduzir a prática do cientista profissional, levando os alunos a “fazer ciência”, a ciência do cientista.

A inserção desses projetos, voltados para prática de laboratórios, guiados por uma visão rígida e tradicional do método científico, visava proporcionar meios mais

incentivadores e eficazes para as demonstrações e as verificações até então mostradas apenas nos livros-texto ou nas explicações do professor.

A partir da década de 1970, a teoria de ensino e aprendizagem que imperava, a instrução programada, proposta por Skinner, ainda identificada nas apostilas e livros didáticos, acabou sendo questionada. A “competência” foi enaltecida, novas teorias de aprendizagem, denominadas construtivistas, apontaram para a valorização dos processos mentais e o lema “aprender a aprender” destacou-se, proporcionando mudanças no âmbito social, político e cultural.

Conseqüentemente, surgiram novas propostas de utilização do laboratório didático de ciências, que priorizam aspectos mais relacionados à análise das explicações e ideias prévias dos alunos.

Sobre isso, Alves Filho (2000, p.291) destacou que,

[...] na concepção empirista, o laboratório tinha sua manutenção garantida pela primazia de ensinar o método experimental, enquanto na concepção construtivista deverá exercer a função de instrumento de mediação entre as idéias prévias e concepção de ciência manifestada pelos estudantes e uma nova concepção de ciência, sendo que o próprio processo de ensino do saber se fundamentará em um diálogo didático de mesma concepção.

Entendemos que as inovações ocorridas contribuíram para uma multiplicidade de tendências e modalidades, conforme explicitaremos em nossa revisão bibliográfica descrita a seguir, proporcionando uma análise mais cautelosa a respeito da relevância das atividades experimentais no contexto da sala de aula e dos obstáculos para aplicação de tais estratégias.

2.2 Obstáculos

O modo clássico de formação dos professores de Física, baseado na racionalidade técnica, oferecida pelos cursos de licenciatura ao incorporarem o método científico de forma simplista ao processo educativo, implicou em limitações por parte de muitos docentes, que foram instigados a trabalhar, por exemplo, atividades experimentais voltadas para exploração de situações com respostas pré-

definidas e “verdades” inquestionáveis, transformando problema em um não problema, pelas certezas que se impõem.

Para Gil Perez *et al.* (1999), esse comportamento equivocado, que nada tem a ver com a atividade científica que requer levantamento de hipótese e, sobretudo, criatividade, inibe o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras, como as que envolvem uma completa integração entre a aula experimental, aula conceitual e a aula de resolução de problemas em um único processo de construção de conhecimentos científicos.

Aliás, os autores sugerem que para contemplar a união dessas três variáveis, num curso de Ciências empíricas, é necessário:

1- Planejar situações-problemas que, tendo em consideração as ideias, a visão de mundo, as destrezas e as atitudes dos alunos e alunas, gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa;

2- Propor aos estudantes o estudo qualitativo das situações-problema planejadas e a tomada de decisões para que as reduzam a problemas precisos (oportunidade para que comecem a explicitar funcionalmente as suas ideias) e comecem a conceber um plano para seu tratamento;

3- Orientar o tratamento científico dos problemas planejados, o que leva à:

- emissão de hipóteses, incluindo a invenção de conceitos, a elaboração de modelos (oportunidade para que as ideias prévias sejam utilizadas para fazer previsões);
- elaboração de estratégias (incluindo, neste caso, planejamentos de experimentos) para a constatação das hipóteses à luz do corpo de conhecimentos de que se dispõe;
- realização das estratégias e análise dos resultados, considerando-se as previsões das hipóteses, o contraste com os resultados dos outros grupos de alunos pela comunidade científica e o estudo de sua coerência com o corpo de conhecimentos disponíveis. Este pode ser um momento para realizar o conflito cognitivo entre as distintas concepções e para obrigar os alunos a conceber novas hipóteses;

4- Planejar o manejo dos novos conhecimentos em uma variedade de situações, para tornar possível o aprofundamento e o refinamento dos mesmos, colocando-se ênfase nas relações entre Ciência/Tecnologia e Sociedade, que

emolduram o desenvolvimento científico, e dirigindo todo este tratamento para mostrar a característica da ciência;

5- Favorecer, em particular, as atividades de síntese (esquemas, revisões, mapas conceituais), a elaboração de produtos (atividades extraclasse para reforçar o interesse pela tarefa) e a concepção de novos problemas (GIL PEREZ *et al.*, 1999, p.16-17).

Com relação ao laboratório didático de Física, embora seja praticamente consensual entre os professores que o mesmo é uma ferramenta fundamental a ser explorada no intuito de auxiliar a melhoria no ensino de Física, em poucas escolas ele funciona, inclusive escolas que possuem recursos materiais e infraestrutura para realização de atividades experimentais. Como afirma Alves Filho (2000, p.175): “A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório. No entanto, isso não significa que ele faça uso do mesmo em suas aulas”. Para ele, essa dicotomia existente entre o discurso e a prática pedagógica é produto da incompreensão, por parte dos educadores, da função do laboratório didático no processo de ensino aprendizagem.

Para Borges (2002) critica o laboratório tradicional, por limitar o aluno à observação, verificação e comprovação de fatos e leis científicas. Ressalta que não é necessário um ambiente especial reservado para a execução de atividades práticas experimentais, com mesas e instrumentos, mas que haja a atividade prática como uma atividade reflexiva. Salienta que o professor deva estar consciente de que a atividade prática realizada pelo aluno não tem o mesmo objetivo da investigação realizada pelo cientista, pois muitos professores, equivocadamente, defendem o uso do laboratório como meio do aluno obter atitudes científicas e aprender "o método científico". O que acaba por conceder um peso excessivo à observação, em detrimento das ideias prévias e imaginação dos alunos.

Nesse sentido, ele defende

[...] a necessidade de atividades pré e pós laboratório, para que os estudantes explicitem suas ideias e expectativas, e discutam o significado de suas observações e interpretações. Antes de realizar a atividade prática, deve-se discutir com os estudantes a situação ou fenômeno que será tratado. [...] Na fase pós-atividade, faz-se a discussão das observações, resultados e interpretações obtidos, tentando reconciliá-las com as previsões feitas. [...] é o momento de se discutir as falhas e limitações da atividade prática (BORGES, 2002, p.301).

Destaca ainda que, na maioria das vezes, professores e alunos trabalham com *objetivos de ensino pouco claros e implícitos, associados aos laboratórios de ciências*, tais como:

1. Verificar/comprovar leis e teorias científicas: o teste que se pretende fazer geralmente é de um aspecto específico de uma lei ou teoria, e não de seus fundamentos. Objetivo enganoso, pois o sucesso da atividade é garantido de antemão por sua preparação adequada;
2. Ensinar o método científico: o que o professor deseja é que o aluno aprenda ou adquira uma apreciação sobre o método científico e a natureza da Ciência. Tal concepção assume que existe um único método científico que pode ser adequadamente representado como uma sequência de etapas, como um algoritmo;
3. Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos: ao desenvolver tais atividades, muitos professores não levam em consideração que aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas;
4. Ensinar habilidades práticas: muitas vezes falta uma melhor compreensão sobre o que deve proporcionar ao indivíduo, a aquisição de habilidades práticas e técnicas de laboratório.

No estudo realizado por Thomaz (2000), a mesma constatou que na maioria das vezes as atividades experimentais no ensino de Física são centradas nos conteúdos e não no aluno. Atribui tal fato à falta de preparo do professor que ao explorar essas atividades, de forma errônea, leva o aluno a seguir mecanicamente os passos de um roteiro-guia, sem conduzi-lo a reflexões e questionamentos sobre os conceitos e as relações envolvidas na tarefa, contribuindo assim com uma concepção equivocada do conhecimento científico como uma verdade já estabelecida e inquestionável.

Moreira *et al.* (2006) realizaram uma pesquisa sobre situações promotoras de aprendizagem baseada em atividades experimentais em sala de aula de Física, em quatro escolas de Lisboa. Constataram que essa estratégia de ensino é pouco aplicada e, na maioria das vezes, resume-se à demonstração feita pelo docente, para toda a turma, gerando pouca motivação nos alunos e favorecendo um tipo muito limitado de competência. Ressaltaram que os professores pesquisados alegaram como obstáculos para a realização das atividades práticas a pouca quantidade de material e tempo disponível, insuficientes para a discussão dos vários aspectos do trabalho experimental. Além de se referirem às atitudes e ao número de alunos como impedimentos à realização do trabalho prático, apesar dos professores e alunos reconhecerem as potencialidades do trabalho experimental, na promoção de aprendizagem.

Pena e Filho (2009), ao investigarem relatos de experiências pedagógicas publicadas nos principais periódicos nacionais entre 1971 e 2006, constataram que a inserção de atividades experimentais ainda se encontra distante dos trabalhos realizados na maioria das escolas. Destacaram que os principais obstáculos citados por professores e/ou pesquisadores para a realização de aulas experimentais no ensino de Física são: a falta ou carência de pesquisa sobre a importância e o significado das atividades experimentais na aprendizagem de Física, despreparo do professor para trabalhar a Física por meio de atividades experimentais e a falta de recursos materiais e de infraestrutura das escolas.

Segundo Coelho *et al.* (2008), a falta de clareza sobre a função do experimento, devido às limitações na formação acadêmica do professor em relação ao saber experimental, e de apoio material são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de atividades experimentais nas aulas de Física no ensino fundamental e médio. Esses autores acreditam que a formação continuada é imprescindível por oferecer condições aos docentes de conhecerem novas metodologias aplicáveis ao ensino experimental de Física.

Resultados semelhantes aos encontrados por Pena e Filho (2009) e Coelho *et al.* (2008) já tinham sido verificados no trabalho de pesquisa realizado por Abib e Araújo (2003) que enfatizaram a necessidade de realização de novos estudos no intuito de melhorar as articulações e propiciar um aprofundamento das discussões

dessa temática, buscando a efetiva implementação de atividades experimentais nos diversos ambientes escolares.

Já Moreira e Penido (2009) constataram em seu projeto de pesquisa que o principal obstáculo para a não utilização de atividades experimentais não é a falta de material, de laboratório, do número elevado de alunos por turma, de horário na grade escolar, etc., mas sim devido à falta de conhecimento do professor que não sabe explorar o potencial dessas atividades.

Ainda, no que diz respeito aos obstáculos, Laburú *et al.* (2007), ao realizarem um estudo sobre os motivos particulares que levam professores de Física do ensino médio a utilizarem ou não atividades experimentais, verificaram que, no entendimento de muitos professores de Física, a não inserção ou o insucesso das atividades experimentais no ensino médio ocorre devido à má formação do docente, à falta de recursos materiais e de infraestrutura, etc. Segundo os autores, “pensar assim é pensar de forma incompleta e limitada, já que é possível constatar que há professores que alcançam sucesso nesse empreendimento em semelhantes condições” (LABURÚ *et al.*, 2007, p.308).

Destacaram, também, que, os discursos da maioria dos professores investigados não convergem com a prática, encontram-se somente no domínio da retórica, pois, mesmo ressaltando a relevância da atividade experimental, não fazem uso da mesma, e que, nas respostas dos docentes, havia indícios de que a escolha da profissão se deu por equívoco, o tipo de relação com o seu saber profissional é simples emprego e não vocação. Nesse sentido, os autores entendem que, fundamentalmente, os vínculos estabelecidos nas relações com o Eu, o Outro e o Mundo determinam um conjunto de atitudes condizentes com a utilização ou não das atividades experimentais.

2.3 Tipos de laboratório didático

Alves Filho (2000), ao realizar um estudo analítico sobre o laboratório didático de Física fazendo uso de três fontes (livros-texto didáticos até 1950, projetos de ensino de Física estrangeiros e nacionais e investigações apresentadas nos SNEF e nos EPEF procurando caracterizar a concepção de ensino de laboratório

predominante, levou em consideração que a denominação do laboratório didático² nas diferentes propostas apresentadas respeita aquelas adotadas por seus autores.

Esse autor ressalta que atualmente algumas podem não ter mais sentido ou se mostram com uma denominação um tanto artificial.

Nesse estudo, ele identificou cinco propostas básicas:

1. Laboratório de demonstrações ou Experiências de cátedra;
2. Laboratório tradicional ou convencional;
3. Laboratório de projetos;
4. Laboratório divergente;
5. Laboratório biblioteca.

O laboratório de demonstrações ou experiências de cátedra se caracteriza pela realização de experimentos por parte do professor, em que ao aluno é reservado o papel de mero espectador. O laboratório tradicional ou convencional se caracteriza pela participação do aluno na montagem e/ou execução do experimento, no entanto, o autor salienta que nesse tipo de abordagem o aluno muitas vezes exerce o papel de mero executor, seguindo um roteiro experimental. O laboratório de projetos “tem como objetivo um ensaio experimental novo que, em última instância, oportunizaria um relatório experimental próximo a um artigo a ser publicado” (ALVES FILHO, 2000, p.72). O autor ressalta que é preciso que o aluno já tenha alguma familiaridade com os equipamentos e procedimentos mais comuns de laboratório. Busca, principalmente, preparar o indivíduo para uma futura profissão, no caso, a de Físico. Já o laboratório divergente, visa, inicialmente, habilitar o aluno para o manuseio de instrumentos, capacidade de planejamento e aplicação de técnicas experimentais, preparando-o para uma segunda fase em que ele se encarregará de decidir qual atividade realizará, elaborar e testar hipóteses, montar o experimento e definir as variáveis. E, finalmente, o laboratório biblioteca é aquele no qual os experimentos já estão previamente montados e se oferece roteiros experimentais de execução simplificada e rápida; nesse tipo de laboratório, o estudante pode realizar dois ou mais experimentos durante uma única aula.

² Maiores detalhes sobre laboratórios didáticos: tipos e metodologias podem ser encontrados em “Atividades experimentais: do método à prática construtivista”; Alves Filho (2000, p.64).

2.4 Níveis de investigação no laboratório de Ciências

Ao considerar que um problema é um desafio proposto para o aluno, e pode ser expresso em diferentes níveis, desde um problema completamente “fechado” até um problema “aberto”, Borges (2002) destaca o trabalho proposto por Tamir, no artigo “Training teachers to teach effectively in the laboratory” que, baseado em estudos anteriores, sugere a classificação das atividades investigativas em quatro níveis, conforme a tabela abaixo:

Níveis de investigação no laboratório de Ciências

Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
0	Dados	Dados	Dadas
1	Dados	Dados	Em aberto
2	Dados	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Cad. Bras. Ens. Física, v.19, n.3, 2000.

a) *Nível zero*: corresponde aproximadamente ao extremo de problema ‘fechado’, pois são dados os problemas, o método para resolvê-lo e soluções. Neste caso, compete ao aluno coletar dados e confirmar ou não as conclusões.

b) *Nível um*: trata-se de uma investigação estruturada, pois o problema pronto e os caminhos a serem descritos são definidos previamente pelo professor, cabendo ao aluno a responsabilidade de tirar as conclusões a respeito do problema. Neste caso, a participação ativa do aluno restringe-se a descobrir relações que ainda não conhece.

Borges (2002) ressalta que as Atividades Experimentais de Demonstração/Observação/Ilustração se enquadram no modelo tradicional de ensino, representado pelos níveis acima descritos, pois os alunos comportam-se como simples observadores e/ou aprendizes de alguma técnica, em particular, buscando respostas para questões apresentadas pelo educador na forma de procedimentos prescritos. Consistem em comprovações práticas de princípios teóricos.

c) *Nível dois*: trata-se de uma investigação guiada, pois é fornecido ao aluno apenas o problema, cabendo a ele propor os métodos e tirar as conclusões

correspondentes. É intermediária entre as práticas fechadas e as investigações abertas, ampliando assim a participação dos alunos e potencializando a tomada de decisões.

d) *Nível três*: trata-se do nível mais aberto de investigação, pois caberá ao aluno formular a questão, selecionar/elaborar o método que considera mais adequado para se chegar aos resultados.

As Atividades Experimentais de Verificação/Redescoberta, segundo Borges (2002), estão inseridas no nível dois, uma vez que é fundamental o experimento sustentar o desenvolvimento/descobrimto da teoria. Enquanto que as Atividades Experimentais Investigativas se enquadram no nível três, pois possibilita uma participação mais ativa do aluno na solução de um problema, além de ocasionar uma diversidade de objetivos educacionais, devido à maior flexibilidade metodológica.

2.5 Papel da atividade experimental no Ensino de Física

Alves Filho (2000) observou que as atividades experimentais exercem um papel fundamental no processo ensino aprendizagem em Física, pois significam atividades historicamente construídas. Para ele, se o objetivo da Ciência é tornar possível que os estudantes tenham uma melhor compreensão sobre a natureza da mesma, é necessário que as atividades experimentais estejam presentes no ideário pedagógico do professor, como estratégias que proporcionem atividades interativas portadoras de um diálogo didático, promovendo a mediação entre o conhecimento espontâneo e o conhecimento científico.

Galiazzi *et al.* (2001) apresentaram os resultados de uma investigação coletiva sobre os objetivos das atividades experimentais no ensino médio, apontando para as possibilidades da pesquisa em sala de aula, como desenvolvimento profissional de professores e alunos, através de sua utilização como princípio didático. Nesse sentido, ressaltaram uma pesquisa realizada por Kerr na década de sessenta, época de grande incentivo às atividades experimentais nas escolas, no mundo todo, que destacou dez motivos apontados por professores para justificar o uso desse recurso, motivos esses confirmados em pesquisas mais recentes (GALIAZZI *et al.*, 2001, p.252-253), e são:

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

Os pesquisadores destacam que esses objetivos vêm sendo veementes criticados por diversos educadores e concordam com a crítica com relação à ênfase em formar cientistas. “Um percentual pequeno dos estudantes segue carreiras científicas, portanto não se justifica fazer atividades experimentais para formar cientistas” (GALIAZZI *et al.*, 2001, p.254).

Nesse estudo observamos a preocupação dos autores com a pouca importância atribuída às atividades experimentais, como estratégia de ensino, voltada para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, a partir de uma aproximação entre o que é aprendido na relação entre o ensino formal e o que é observado no cotidiano. Demonstraram também inquietação com a visão de muitos dos entrevistados que, ao fazerem a separação entre aulas teóricas e aulas práticas, consideraram a prática como única responsável pela construção da teoria. “Então, é preciso primeiro fazer a prática para depois ver a teoria, ou seja, a prática estruturando a teorização, como se não existisse teoria ao se fazer a prática”. (GALIAZZI *et al.*, 2001, p.260).

Gaspar e Monteiro (2005) enfatizam que conforme os objetivos a que se destinam, as atividades experimentais de demonstração podem ser:

a) *Atividades de demonstração em conferências ou palestras*: são realizadas com dispositivos ou equipamentos experimentais específicos vinculados à explicação de temas apresentados durante uma palestra em auditórios, teatros, quadras de esporte ou qualquer outro ambiente público;

b) *Atividades de demonstração em museus e centros de ciências*: são experimentos expostos para apresentação aos visitantes ou para que eles próprios os manipulem. A alfabetização em ciências, assim como o seu ensino e divulgação são o principal objetivo dessas instituições;

c) *Atividades de demonstração em sala de aula*: recebem muitas vezes a denominação de “experiências de cátedra”.

Os autores destacam ainda que, os principais objetivos da experiência de cátedra, são: i) ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos; ii) tornar o conteúdo interessante e agradável; iii) desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos.

Para Laború (2006), a aprendizagem eficaz é compreendida como resultado do encontro da motivação com elementos cognitivos. Compreende que as atividades experimentais representam uma alternativa para motivar e despertar o interesse dos alunos em sala de aula e o engajamento em atividades subsequentes. Defende que, para isso, o professor, de forma criativa, deve utilizar estratégias de ensino que favoreçam a transição gradual do sensório para o intelecto, do mundo dos objetos para o mundo das ideias.

Na nossa concepção é fundamental que as estratégias de ensino facilitem também a transição do mundo das ideias para o sensório.

Séré *et al.* (2003), ao analisarem o papel do experimento no ensino de Física com base em alguns exemplos práticos, relacionados à lei de Snell-Descartes, com o objetivo de demonstrar que um mesmo experimento pode ser explorado considerando-se diferentes abordagens, chegaram à conclusão que as atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de conexões entre três polos: o *referencial empírico* (mundo real transformado pelos procedimentos e pelas técnicas); os *conceitos, leis e teorias*; e as *diferentes linguagens e simbolismos* utilizados em Física. Para eles, “é graças às atividades experimentais que o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens” (natural, matemática, simbólica), tendo a oportunidade de relacionar esses mundos com o mundo empírico” (SÉRÉ *et al.* 2003, p.39).

De acordo com o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM (Brasil, 2007, p.41-42), os experimentos propostos

[...] devem ser factíveis, com resultados plausíveis, sem transmitir ideias equivocadas de fenômenos, processos e modelos explicativos. Devem ainda caracterizar adequadamente, de forma não dicotômica, a relação teoria/prática; ter uma perspectiva investigativa (problematizadora/contextualizadora).

Segundo Thomaz (2000), é inegável a importância da realização de atividade experimental como instrumento de aprendizagem por meio da teoria (observação/reflexão) aliada com a prática (ação), desde que o professor, como agente mediador e assessor do processo, promova a exploração de atividades investigativas, que se constituam em problemas reais e desafiadores, que o aluno se sinta motivado para resolver, e que ofereçam condições para esse desenvolver a capacidade de dialogar, decidir, compreender e de intervir criticamente na comunidade em que está inserido.

Freitas Alves (2006), em seu projeto de pesquisa em que introduziu atividades experimentais no decorrer das aulas expositivas com o objetivo de promover a integração teoria-prática, visando à aprendizagem significativa de conteúdos de Física em nível médio, argumentou que os resultados foram satisfatórios. Mas, entende que para isso, é fundamental que as aulas sejam dinâmicas, com discussão dirigida/mediada pelo professor, e que este deverá considerar e utilizar a relação entre o conhecimento prévio dos alunos e o conhecimento científico que está sendo trabalhado. Assim como utilizar uma linguagem acessível e atividades experimentais coerentes, de modo a proporcionar a resolução de situações-problema adequadas ao nível de ensino em questão.

Conforme Moreira *et al.* (2006), para os alunos aprenderem significativamente, é fundamental propiciar situações problemáticas que ajudem na construção de significados dos conceitos envolvidos. O empenho dos alunos em tarefas que impliquem diversas fases de uma investigação científica, desde o planejamento, passando pela proposta de hipóteses explicativas e pela execução, incluindo a discussão com os seus pares e o professor, contribui para a construção do seu conhecimento. Acreditam que é nessa perspectiva que o trabalho experimental deve ser entendido, ou seja, “como uma atividade investigativa e cooperativa” (p.399), transmitindo a ideia de que “o cientista é humano e que as

situações problemáticas podem não ter solução ou ter mais do que uma solução (p. 387). Conseqüentemente, essas atividades podem se aproximar mais da prática científica do que os laboratórios usuais.

Couto (2009), em sua pesquisa, observou o trabalho de dois professores, um da rede pública e outro da rede particular, em que utilizavam recursos materiais diversificados, na condução de atividades experimentais em salas de aula de Física.

Constatou que o uso de atividades experimentais contribui para o interesse e engajamento dos alunos e fornece suporte ao processo de construção e validação de modelos físicos, desde que haja uma relação adequada entre manipulações da montagem (feitas a partir de problematizações) e os enunciados teóricos que se pretende desenvolver a partir delas. Entretanto, verificou que, mesmo assim, a abordagem comunicativa se fez pouco presente.

Sumarizou três contribuições dos experimentos aos processos de modelagem:

- i) o fato do recurso experimental ser concebido e apresentado de modo a “falar” a linguagem da teoria, ou seja, a apresentar o modelo;
- ii) estabelecer pontes entre os objetos concretos e objetos teóricos ou objeto modelo;
- iii) a presença do fenômeno estimula a imaginação criativa dos aprendizes em busca de uma resposta adequada aos desafios propostos (COUTO, 2009, p.89).

Um dos meios de colocar o aluno em situações de aprendizagem que envolvem atividades experimentais, contribuindo para a construção de conceitos, é discutida num trabalho descrito por Carrascosa *et al.* (2006).

Na concepção desses autores, para que a atividade experimental se transforme num evento próximo da investigação deve integrar um conjunto de dez aspectos da atividade científica:

- 1- Apresentar situações problemáticas abertas com nível de dificuldade adequado, a fim de que estes possam tomar decisões para transformá-las em problemas precisos;
- 2- Favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância e o possível interesse pelas situações propostas, para que eles deem sentido ao seu estudo e evitem um estudo descontextualizado, socialmente neutro;

- 3- Potencializar as análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e aproximar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- 4- Planejar a emissão de hipótese como atividade central da investigação científica, suscetível de orientar o tratamento das situações e de tornar funcionalmente explícitas as pré-concepções dos estudantes;
- 5- Conceder toda importância à elaboração de desenhos e planejamentos das atividades experimentais pelos próprios estudantes;
- 6- Planejar a análise a partir dos resultados, à luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses lançadas e dos resultados de outros investigadores;
- 7- Planejar a consideração de possíveis perspectivas e contemplar, em particular, as implicações da ciência, da tecnologia e da sociedade onde o estudo é realizado;
- 8- Pedir um esforço de integração, que considere a contribuição do estudo realizado na construção de um corpo coerente de conhecimentos, assim como as possíveis implicações em outros campos do conhecimento;
- 9- Conceder uma especial importância à elaboração de memórias científicas que refletem o trabalho realizado e possam servir de base para ressaltar o papel da comunicação e o debate na atividade científica;
- 10- Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, organizando as equipes de trabalho e facilitando a interação entre elas e a comunidade científica, representada na classe pelo resto das equipes, pelo corpo de conhecimentos já construído e pelo professor (CARRASCOSA *et al.* 2006, p.163-165).

Entendemos que esses autores tiveram a preocupação em desenvolver uma maneira de tratar as atividades experimentais não como simples demonstração/observação/ilustração, mas como uma real atividade de investigação.

2.6 Tendências do laboratório didático no Brasil

Abib e Araújo (2003) fizeram um levantamento sobre a produção recente na área de investigações sobre o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física, na qual analisaram os trabalhos publicados no período de 1992 a 2001, com base em cinco indicadores:

- a) *Ênfase matemática* - Análise dos trabalhos buscando verificar se apresentavam roteiros fechados com tratamento de dados bem enfatizado (foco nos aspectos quantitativos) ou apresentavam natureza conceitual (foco nos aspectos qualitativos);
- b) *Grau de direcionamento da atividade* - Procurou-se verificar o grau de direcionamento das atividades propostas em função de seu caráter Demonstração/Observação (fechada - centrada no professor; aberta – discussões e incentivo a reflexões críticas), Verificação (validade de alguma lei física) e Investigação (abordagem centrada nos aspectos cognitivos);
- c) *Utilização de novas tecnologias* - Buscou-se identificar o uso de novas tecnologias, com o emprego de computadores e programas específicos para atividades práticas de laboratório ou de simulação;
- d) *Relação com o cotidiano* - Foi verificado se o texto dos artigos relacionava os fenômenos físicos abordados com situações típicas encontradas no cotidiano, observando nestes casos se os conceitos estudados poderiam ser utilizados como explicações causais para os fenômenos ligados ao dia a dia;
- e) *Construção de equipamentos* - Classificação dos artigos que procuravam explicitar a montagem de determinados equipamentos, abordando detalhes envolvidos em sua confecção e fornecendo possíveis aplicações para os mesmos.

Abib e Araújo (2003) verificaram que a utilização apropriada de diferentes metodologias experimentais, quer seja de natureza *demonstrativa, verificacionista ou investigativa*, viabilizará a formação de um ambiente adequado ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes.

Constataram que as atividades experimentais *quantitativas* possibilitam relacionar os resultados obtidos com os valores previstos por modelos teóricos e favorecem o desenvolvimento de habilidades experimentais, análise e interpretação dos dados estatísticos, assim como outros aspectos característicos da investigação científica. Enquanto que as atividades experimentais *qualitativas* “possibilitam criar situações que tendem a propiciar melhores condições para que os estudantes realizem testes de hipóteses e desenvolvam a criatividade e a sua capacidade de reflexão” (ABIB; ARAÚJO, 2003, p.190).

Os autores observaram também que o *uso de* tecnologias modernas, de base informática, em atividades experimentais representa um grande potencial, pois

as mesmas contribuem para observação, análise e interpretação dos fenômenos por meio de softwares interativos e metodologias também interativas, proporcionando uma diversidade de estratégias no ensino e aprendizagem de Física. Já a utilização de atividades experimentais que possibilitam a articulação de conceitos científicos com *situações vivenciadas* pelos alunos *no cotidiano* é importante, pois permite aos alunos examinar e comparar a adequação e limitação das diferentes interpretações, contribuindo-se assim para que possam atingir a reestruturação conceitual.

Ressaltaram que todos os pesquisadores defenderam o uso de atividade experimental e constataram dois aspectos fundamentais pelos quais eles acreditam na eficiência dessa estratégia:

- i) capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem;
- ii) tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência. (ABIB; ARAÚJO, 2003, p.190-191).

Moreira e Penido (2009), procurando avaliar a extensão e riqueza do material que se encontra disponível sobre as atividades experimentais em Física direcionadas ao ensino médio, catalogaram 121 artigos e relatos experimentais (tipo *demonstre em sala de aula (DA)* e *laboratório caseiro (LC)*), entre 1979 e 2008, nas revistas: *Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)*, *Revista Ciência & Educação*, *Revista Investigações em ensino de Ciências* e a *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC)*.

Segundo Moreira e Penido (2009), a análise revelou que a maior parte dos artigos apresenta as atividades experimentais prontas para que os professores e estudantes do ensino médio, possam repeti-las, seguindo passo a passo o roteiro, mesmo por que, em geral, se propõe um procedimento bem definido.

Observaram ainda uma grande atenção de pesquisadores com relação à contribuição do experimento didático na educação científica, que utilizam materiais de baixo custo, entre outros.

Para Azevedo *et al.* (2009a), os aparatos experimentais constituem um dos importantes instrumentos no ensino da Física. Sua aplicação tem sido feita de diversos modos. Desde as atividades de laboratório tradicionais, em que os alunos são treinados para o manuseio de precisos instrumentos de medição, utilizados para testar leis científicas, por exemplo, até àquelas desenvolvidas com aparatos experimentais mais simples, através dos quais se busca uma discussão conceitual. Salienta que tais atividades são fundamentais para o desenvolvimento de habilidades experimentais e formação dos professores de Física.

Com o objetivo de identificar as principais tendências no uso de atividades experimentais e apontar caminhos para as futuras pesquisas, os autores realizaram um levantamento construído a partir da análise dos artigos publicados de 1979 a 2008, em nove das principais revistas em ensino de ciências do Brasil (RBEF, CBEF, ABRAPEC, Ciência & Educação, Ciência & Ensino, Investigações em Ensino de Ciências, Ensaio, A Física na Escola e Alexandria). Resolveram não enquadrar os artigos em visões epistemológicas da ciência, por considerarem que, na maioria deles, não há uma explicitação de tais crenças. Preferiram apenas fazer referência que, nesses artigos, existem aspectos de uma postura verificacionista ou problematizadora.

Constataram que a maior parte dos artigos propõe o uso de experimentos de forma ilustrativa ou quantitativa, no intuito de mostrar a veracidade das teorias científicas. Para eles, contraria as tendências atuais de pesquisa em ensino de Física, as quais apontam para a aplicação de atividades que consideram as teorias como modelos e os experimentos como instrumentos didáticos auxiliares no processo de problematização dos conteúdos em sala de aula.

Azevedo *et al.* (2009a) destacam também que, muito embora esteja claro que o objetivo a ser alcançado com a atividade experimental depende, fundamentalmente, do modo como o pesquisador vê a relação teoria-experimento-realidade, a maior parte dos professores realiza atividades experimentais sem fazer, contudo, uma reflexão da visão de ciência que está embutida.

Azevedo *et al.* (2009b) analisaram a produção de trabalhos que sugerem o emprego de atividades experimentais no ensino de Física nas atas do ENPEC, desde a primeira edição em 1997 até a sexta edição, realizada em 2007, com o objetivo de verificar as tendências das atividades experimentais no ensino de Física. Também não enquadraram os artigos em visões epistemológicas da ciência.

Constataram que o nível das propostas de atividades experimentais no ensino de Física tem evoluído com o avanço das tendências no ensino de Ciências. Para os autores, passaram a apresentar estratégias mais interativas e dinâmicas, voltadas para abordagens mais problematizadoras, abertas e investigativas, apesar de ainda predominar “um viés tradicional e verificacionista, uma vez que os professores têm sido reprodutores de abordagens já conhecidas e cristalizadas pelo tempo” (AZEVEDO *et al.*, 2009b, p.12).

2.7 Interações sociais, práticas discursivas e atividades experimentais

Segundo Abib e Araújo (2003), para que ocorram interações sociais, o professor deve promover o debate em sala de aula, por meio de situações problema, no intuito de instigar a manipulação de interpretações, discussões e confrontos de ideias por parte dos alunos, acerca das possíveis variações do experimento, proporcionando o desenvolvimento da capacidade de abstração e de extrapolar a situação vivenciada na sala de aula, para outras situações observadas no dia a dia.

Num estudo realizado por Monteiro (2006), em que conteúdos de Física foram apresentados por meio de diferentes atividades experimentais no plano social de sala de aula, ela procurou analisar os processos interativos que se estabelecem a partir dos constructos teóricos³ propostos por Wertsch, no livro “The zone of proximal development: some conceptual issues”. Constatou que a *definição de situação* bem estabelecida e o processo de *intersubjetividade*, cujo objetivo é promover a coincidência das definições de situação para que todos busquem a resolução do mesmo problema, se mostraram capazes de envolver os alunos e manter interações sociais profícuas para a aprendizagem. Enquanto que a *mediação semiótica*⁴ bem

³ Definição de situação, mediação semiótica e intersubjetividade.

⁴ Formas adequadas de linguagem, no sentido amplo do termo, que tornam possíveis a intersubjetividade.

conduzida revelou-se condição fundamental para que as atividades propostas se sustentassem.

Segundo a autora, os resultados indicam que a interação, produto da cultura e do social, é fator de desenvolvimento do binômio emoção-motivação e que este binômio depende da metodologia e dos recursos a ele agregados. Entende que, para isso, é necessário que o professor, de modo atento e consciente, tenha competência dialógica para envolver os alunos em torno das atividades propostas.

Monteiro e Teixeira (2004) elaboraram uma ferramenta analítica composta de *subcategorias*, fundamentadas nas categorias discursivas⁵ propostas de Compiani, no artigo “As geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema: A formação do Universo”, e nas *categorias gerais*⁶ propostas por Boulter & Gilbert, no artigo “Argument and science education”, a partir das caracterizações da prática argumentativa do professor.

Ao associar às subcategorias as categorias gerais, os autores estabeleceram o instrumento de análise da seguinte forma: argumentação retórica de contextualização ou exposição; argumentação socrática de fornecimento de pistas, remodelamento, re-espelhamento e de elucidação; argumentação dialógica de instigação, contraposição, organização, recapitulação, recondução e fala avaliativa.

Utilizaram esse instrumento de análise com o objetivo de identificar com maior acuidade as influências da prática discursiva do professor na formação argumentativa dos alunos no decorrer de uma aula de Física que envolveu o uso atividades experimentais. Constataram que os diálogos da maioria dos professores eram norteados por roteiros mentais estruturados, que não levavam em consideração a formação do conhecimento científico como uma atividade construída e discutida coletivamente. Observaram que as argumentações apresentadas pelos alunos se mostraram dependentes da postura discursiva do professor. Sugeriram que “o discurso do professor, mesclado por características: retórica, socráticas e

⁵ solicitação de informações, fornecimento de informações, problematização, recondução, re-estruturação e re-espelhamento. Maiores detalhes podem ser encontrados em: “Uma análise das interações dialógicas em aulas de Ciências nas séries iniciais do Ensino”; Monteiro e Teixeira (2004, p. 244).

⁶ Argumentação “Retórica”, Argumentação “Socrática” e Argumentação “Dialógica”. Maiores detalhes ver: “Uma análise das interações dialógicas em aulas de Ciências nas séries iniciais do Ensino”; Monteiro e Teixeira (2004, p. 245).

dialógicas, é mais eficiente do que um discurso concentrado em um único tipo de característica discursiva” (MONTEIRO; TEIXEIRA, 2004, p.262).

Apoiados na teoria sociointeracionista de Vygotsky, Gaspar *et al.* (2004) realizaram um trabalho de pesquisa em que utilizaram o instrumento de análise elaborado por Monteiro e Teixeira (2004) para avaliar o uso das atividades experimentais de demonstração em sala de aula, examinando o desenvolvimento das interações sociais ocorridas a partir do discurso promovido em sala de aula.

Os referidos pesquisadores verificaram que as atividades experimentais de demonstração podem ser um instrumento didático eficiente e viável para causar o desencadeamento de interações sociais em sala de aula, desde que o aluno seja instigado a ampliar suas possibilidades de compreensão conceitual do tema estudado, ao questionar, formar hipóteses, expor suas ideias e expectativas em relação à atividade. Para isso, segundo os autores, é fundamental que o professor adéque a linguagem, incorpore em sua fala diferentes formas discursivas que, aliadas com as indicações do referencial teórico de Vygotsky, podem fornecer orientações importantes para o aproveitamento dessas atividades.

Mortimer e Scott (2002), preocupados em compreender o modo como os professores devem proceder para conduzir os processos interativos em sala de aula de Ciências, elaboraram e aplicaram uma estrutura analítica, baseada na teoria sociocultural, que permite descrever as dinâmicas discursivas, com ênfase na linguagem verbal e na produção de significados. Trata-se de uma estrutura alicerçada em três categorias denominadas: *foco de ensino*, a qual se subdivide em *conteúdo abordado* e a *intenção do professor*; a *abordagem comunicativa*; e as *ações* subdivididas em: *padrões de interação* e *intervenções do professor*.

Para os autores, os resultados indicam de que modo as quatro classes de abordagem comunicativa adotada (interativo/dialógico, não-interativo/dialógico, interativo/de autoridade, não-interativo/de autoridade) estão

Articuladas com o desenvolvimento do conteúdo do discurso na medida em que progride o desenvolvimento da estória científica, e também como essas abordagens são produzidas por meio de intervenções do professor e por meio de diferentes padrões de interação (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.304).

Na concepção de Mortimer e Scott (2002), a influência da psicologia sociocultural tem provocado interesse no processo de significação em aulas de ciências e que a fala e o discurso verbal são os instrumentos de comunicação mais importantes para a estruturação das ideias nessas aulas. Defendem que os aspectos contextuais devem ser considerados ao se verificar a evolução de ideias na sala de aula e que a abordagem comunicativa dialógica deve dar ênfase a dinâmicas que priorizem a coleta de situações do cotidiano dos alunos e ao trabalho coletivo com os alunos para aplicar novas ideias científicas na construção de explicações em outras situações.

Aguiar e Mortimer (2005), fundamentados na ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) para análise das práticas discursivas na sala de aula, examinaram a forma como ocorre e são resolvidos os conflitos entre as concepções de senso comum e de conhecimentos científicos causados a partir da leitura de textos, trabalhos em grupos, discussões com a mediação do professor e atividades práticas para explicitar os conceitos de temperatura e calor.

Os autores observaram que, à medida que os alunos desenvolviam suas ideias, surgiam mudanças nas intenções e intervenções do professor, implicando em várias dinâmicas interativas e fluxos de discurso. Destacaram a importância de se considerar o conflito cognitivo no ambiente social de sala de aula, pois a negociação de significados entre diferentes perspectivas culturais é um diálogo nem sempre harmonioso e, que não basta ter uma estratégia de ensino diferenciada para que os alunos compreendam a diferença existente na relação entre conhecimento científico e o senso comum.

Aguiar *et al.* (2006), visando uma melhor compreensão sobre as interações discursivas em aulas de ciências, procuraram verificar de que forma as aulas de ciências iniciadas por perguntas dos estudantes contribuem para o processo de construção de significados no espaço social de sala de aula e se modificam os conteúdos e a estrutura do discurso das aulas de ciências. Os autores afirmaram que:

As perguntas dos alunos contribuem para o fornecimento de um *feedback* para os professores, o que permite um ajuste de sua estrutura explicativa aos interesses, experiências e conhecimentos prévios dos alunos. [...] Já o conteúdo do discurso nas aulas de ciência parece ser um resultado de negociações e ajustamentos entre a estrutura explicativa do professor e os conhecimentos e interesses dos alunos (AGUIAR *et al.*, 2006, p.12).

Entendemos que esse estudo realizado por eles contribuiu para tornar evidente o potencial da participação dos alunos, por meio de perguntas, na formação de sentidos, favorecendo a estrutura explicativa em torno dos conteúdos explorados no ambiente social de aula de Ciências.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Na revisão bibliográfica, observamos a importância atribuída por diversos pesquisadores à utilização de atividades experimentais como estratégia de ensino que vincule, de forma mais interativa e dinâmica, a ciência com vivências do aluno. O que nos reporta a pontos da teoria de Vygotsky, que destacaremos a seguir.

3.1 Aspectos gerais da teoria de Vygotsky

Nosso propósito, neste capítulo, é valorizar os processos por meio dos quais o aluno constrói conhecimento. Apresentamos algumas das principais contribuições da teoria de Vygotsky que, ao atribuir grande importância à interação social e à cultura, procurou explicar como o processo de desenvolvimento é socialmente construído e como aprendizagem e desenvolvimento se inter-relacionam. Sua questão central é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio.

De acordo com a Teoria Histórico-Cultural, o indivíduo não nasce pronto nem é cópia do ambiente externo. Na ausência do outro, o homem não se constrói homem. A vivência em sociedade é essencial para a transformação do homem, de ser biológico em ser humano.

Para Vygotsky, na relação entre sujeito e objeto no processo de construção do conhecimento, o sujeito do conhecimento não é apenas passivo, regulado por forças externas que o vão moldando, e não é somente ativo, regulado por forças internas, o sujeito do conhecimento é interativo.

Nesse sentido, discutiremos ideias de Vygotsky, que na nossa concepção, entre outros subsídios, são fundamentais para uma melhor compreensão da influência dos processos interativos no desenvolvimento das funções psíquicas superiores (processos voluntários, ações conscientes, mecanismos intencionais).

3.2 Aprendizagem e Desenvolvimento

Na perspectiva de Vygotsky, a relação entre o desenvolvimento e a aprendizagem está atrelada ao fato do homem viver em sociedade, sendo a

alavanca para esses dois processos. Dessa forma, esses dois processos estão intimamente ligados, apesar de não existir paralelismo entre eles.

As concepções do teórico com relação ao funcionamento do cérebro humano indicam que o cérebro é a base biológica, determinante para as reações inatas do organismo, e suas particularidades definem limites e possibilidades para o desenvolvimento humano.

Para ele, os fatores biológicos têm preponderância sobre os sociais somente no início da vida da criança. O fato de nascer com genes e base neurológica humana não é essencial para que ela internalize, sem interação com o meio social, os comportamentos característicos dos seres humanos construídos historicamente. Ela é dotada de funções psicológicas elementares, como os reflexos e a atenção involuntária, presentes em todos os animais mais desenvolvidos.

Quando a criança começa a interagir com o meio social e cultural em que está inserida, esses passam a intervir no comportamento e a instigar a evolução de seu pensamento. Parte das funções psicológicas elementares transforma-se no que Vygotsky (2008) chamou de processos psíquicos superiores, que são funções mentais tipicamente humanas, como memória, atenção voluntária, percepção e pensamento. Desse modo, as funções psíquicas superiores não são inatas, nem acompanham a evolução física da criança.

Nesta visão vygotskyana, Rego (2008, p.71) destaca que:

O desenvolvimento pleno do ser humano depende do aprendizado que realiza num determinado grupo cultural, a partir da interação com outros indivíduos da sua espécie [...] nesta perspectiva, é o aprendizado que possibilita e movimenta o processo de desenvolvimento.

A capacidade de construir conhecimentos, adquirir habilidades, valores e atitudes, está intimamente relacionado ao contexto sociocultural onde a pessoa está inserida e se processa por meio de uma interação dialética. Ao mesmo tempo em que ela “transforma o seu meio para atender suas necessidades básicas, transforma-se a si mesmo” (REGO, 2008, p.41).

Para Vygotsky (2008), a aprendizagem não é sinônima de desenvolvimento. São processos distintos que estabelecem relações mútuas desde o nascimento da

criança. Ele defende que, a aprendizagem é que promove o desenvolvimento. O sujeito desenvolve porque seus interesses e necessidades fazem com que ele aprenda. É como se o aprendizado, processo que progride de forma mais rápida, puxasse o desenvolvimento do sujeito e isto também está ligado à ideia de que o caminho do desenvolvimento está em aberto.

Nesse sentido, Oliveira (2006, p.34) afirma que:

Como a cultura, em grande medida, vai definir por onde o sujeito vai e também a especificidade de cada sujeito vai ser definida em sua interface com o mundo, em suas experiências de aprendizagem, em seus procedimentos micro-genéticos, o fato de aprender é que vai definir por onde o desenvolvimento vai se dar.

Na abordagem de Vygotsky, a aquisição da linguagem, que se caracteriza por apresentar duas funções básicas, pode ser um paradigma para explicar a relação entre aprendizado e desenvolvimento. A primeira função da linguagem é de *intercâmbio social*. As pessoas inicialmente desenvolvem a língua para se comunicar. Somente depois é que surge uma segunda função da linguagem, o *pensamento generalizante*, que é quando a linguagem se ajusta com o pensamento. “É o fato de que o uso da linguagem implica numa compreensão generalizada do mundo, quer dizer, ao nomear alguma coisa, estamos realizando um ato de classificação” (OLIVEIRA, 2006, p.30).

Para Rego (2008, p.63), Vygotsky estabelece que a relação entre pensamento e linguagem “passa por várias mudanças ao longo da vida do indivíduo.” Mesmo tendo diferentes origens e se desenvolverem de modo independente, “numa certa altura, graças à inserção da criança num grupo cultural, o pensamento e a linguagem se encontram e dão origem ao modo de funcionamento psicológico mais sofisticado, tipicamente humano”.

Dessa forma, a linguagem tem um papel de construtor e de propulsor do pensamento. “O aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer” (VYGOTSKY, 2008, p.103).

Conforme Vygotsky (2008), no desenvolvimento cultural, as funções psicológicas aparecem primeiro no nível social entre pessoas (interpessoal), ou seja, no contexto da vivência do indivíduo no ambiente, e depois no nível individual, no

interior do indivíduo (intrapessoal). O processo de transformação de inter para intrapessoal é um processo de reconstrução interna, chamado de interiorização.

Para ele, o processo de aprendizagem ocorre “de forma dinâmica (e dialética) através de rupturas e desequilíbrios provocadores de reorganizações por parte do indivíduo” (REGO, 2008, p.58) e se desenvolve devido aos constantes diálogos entre o exterior, por meio de fatores concretos, e o interior do indivíduo, parte abstrata, com diferentes formas de manifestações, tanto intelectual, quanto verbal e de diversos graus de generalizações e assimilações.

Vygotsky nos faz compreender que a aprendizagem é mais do que a obtenção de capacidades para pensar, é a obtenção de muitas capacidades para pensar sobre uma diversidade de coisas ao mesmo tempo, e construir o conhecimento a partir do ato de pensar.

O teórico ressalta, também, a importância de se levar em consideração as potencialidades do indivíduo e o papel do outro durante o processo de ensino aprendizagem. Acredita que as relações interpessoais que o sujeito estabelece em seu meio e o contato com o quadro histórico-cultural são fundamentais para a construção e desenvolvimento de novas potencialidades. Dessa forma, o desenvolvimento significa apropriação e reconstituição interna, pela pessoa, daquilo que foi aprendido.

Sobre essa questão, Rabello e Passos (2009, p.3) destacam que para Vygotsky

[...] o desenvolvimento – principalmente o psicológico/mental (que é promovido pela convivência social, pelo processo de socialização, além das maturações orgânicas) – depende da aprendizagem na medida em que se dá por processos de internalização de conceitos, que são promovidos pela aprendizagem social, principalmente aquela planejada no meio escolar.

Segundo Rego, Vygotsky procura analisar essa interação social sob dois ângulos: “um é o que se refere à compreensão da relação geral entre aprendizado e o desenvolvimento; o outro, às peculiaridades dessa relação no período escolar” (REGO, 2008, p.72).

Para Vygotsky, o aprendizado escolar se diferencia no desenvolvimento da criança, pois trata de conhecimentos sistematizados, principalmente conhecimentos científicos. Entretanto, destaca que o aprendizado se inicia muito antes da criança entrar para a escola.

Ele dá uma atenção especial à educação, por considerar que a mesma possibilita desenvolver modalidades de pensamento bastante específicas, possuindo um papel diferente e insubstituível, na apropriação pelo sujeito da experiência culturalmente acumulada. Acredita que a escola tem um papel essencial na construção do ser psicológico e racional. É o lugar onde a intervenção pedagógica intencional desencadeia o processo ensino e aprendizagem.

Palangana *et al.* (2002, p.115), ao defenderem a importância da escola e da qualidade dos processos de ensino e aprendizagem viabilizados nesta instituição, esclarecem:

Se as funções mentais são socializadas e reconstruídas por meio da comunicação, do inter-relacionamento, então, na escola, é preciso estar atento à qualidade das informações, do saber mediado na relação professor/aluno, uma vez que esse saber carrega em si potencialidades em termos de formação. O conteúdo escolar transforma-se em funções mentais, afetivas, psíquicas em geral, as quais compõem os fundamentos do pensamento.

Daí, a necessidade de refletirmos sobre a relevância que a escola exerce no desenvolvimento cognitivo do aluno. De acordo com Vygotsky (2008), todo e qualquer processo de aprendizagem é ensino aprendizagem, incluindo aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre eles.

Para uma melhor compreensão sobre o papel do outro na aprendizagem e, por conseguinte, no desenvolvimento psíquico, Vygotsky concebeu o desenvolvimento humano em dois níveis.

O primeiro nível de desenvolvimento é chamado por Vygotsky (2008) de *nível de desenvolvimento real*, caracterizado pelas funções psicológicas do indivíduo que já se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados. Compreende as atividades e operações que a criança ou adolescente consegue fazer sozinha, porque ela já tem um conhecimento consolidado.

O segundo nível de desenvolvimento é o *nível de desenvolvimento potencial*, refere-se ao conjunto de atividades que a criança ainda não domina, não consegue realizar sozinha, mas que é capaz de realizar com o auxílio de alguém que lhe dê algumas orientações adequadas (um adulto ou outra criança mais experiente).

Sobre esse aspecto, Oliveira (2006, p.35) escreve:

É aquilo que a criança ainda não tem, mas que podemos imaginar que está próximo de acontecer, [...] porque a criança consegue se relacionar com aqueles objetos de conhecimento e de ação não autonomamente ainda, mas com ajuda, com instrução do outro, com intervenção de um parceiro mais experiente.

Vygotsky (2008), ao aplicar testes de inteligência em duas crianças, para verificar o desenvolvimento mental destas, constatou que, na maioria das vezes, havia uma equiparação ao nível do quociente intelectual (QI), ou seja, ambas conseguiam resolver sozinhas os mesmos problemas. Porém, ao sugerir-lhes atividades mais complexas, além das suas capacidades de resolução independente, constatou que uma das crianças, com ajuda de pessoas mais experientes, conseguia resolver problemas que indicavam uma idade mental superior à da outra que, sob as mesmas orientações, não conseguia solucionar os problemas que a primeira resolvia.

Chegou à conclusão que, crianças com a mesma idade temporal não possuíam a mesma idade mental, pois a capacidade delas para aprender algo, sob a orientação de uma pessoa mais experiente, era diferente. As crianças estavam em níveis de desenvolvimento potencial diferente. Consequentemente, o nível de desenvolvimento psíquico de um aluno não pode ser determinado apenas pelo que ele consegue construir sozinho; é necessário conhecer o que ele consegue realizar, muito embora ainda precise do auxílio de outras pessoas para fazê-lo.

Esses estudos remetem a outro célebre conceito do pensamento vygotskyano muito importante para a educação: a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), ou também denominada Zona de Desenvolvimento Imediato. Conforme Vygotsky (2008, p.97-98) a ZDP:

[...] 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 com companheiros mais capazes. [...] define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presentemente, em estado embrionário.

Vygotsky (2008) destaca que o “bom aprendizado” é aquele que está à frente do desenvolvimento. Para ele, a escola deve guiar o ensino não para etapas intelectuais já atingidas pelo aluno, mas, sim, para estágios de desenvolvimento ainda não incorporados pelos alunos, funcionando como um incentivador de novas conquistas psicológicas.

Nesse sentido, a aplicação da ZDP contribuirá para que os educadores tenham uma compreensão mais ampla sobre o desenvolvimento intelectual do aluno, possibilitando planejar de forma mais eficaz o futuro imediato deste, bem como o seu estado dinâmico de desenvolvimento. Como considera Rego (2008, p.74):

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como a elaboração de estratégias pedagógicas que a auxiliem nesse processo.

Dessa forma, o docente tem a função de organizar o ambiente de ensino e mediar o processo de aprendizagem impulsionando o desenvolvimento do aluno. É necessário que o professor aguace bastante a sensibilidade para obter informações fundamentais sobre o que é preciso para ajustar a ajuda educativa, e tais informações podem ser obtidas através da criação de ZDP e da participação direta do aluno nas aulas.

Segundo Vygotsky (2008), o aprendizado direcionado para os níveis de desenvolvimento que já foram alcançados pelo aprendiz é ineficaz, já que não se encaminha para um novo estágio do processo de aprendizagem. Para ele, a

interação entre a pessoa mais experiente e o aprendiz deve estar situada nos limites da ZDP, pois possibilita ao aprendiz oportunidades mais efetivas para seu desenvolvimento mental, ou seja, desperta diversos processos internos de desenvolvimento, que se manifestam quando ele interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus colegas. Logo, a aprendizagem é a grande responsável por instituir a ZDP nos sujeitos.

A ZDP é de cunho dinâmico e complexo, apresentando restrições diversificadas de indivíduo para indivíduo em relação a diferentes âmbitos de desenvolvimento, tarefas e conteúdos. É necessário salientar que os alunos são originários de variados meios socioculturais e são herdeiros de toda a evolução filogenética e cultural a que estão submetidos. Além do mais, possuem capacidades cognitivas diferentes de apreensão da realidade. Conseqüentemente, a sala de aula dispõe de um corpo discente bastante heterogêneo em que cada um dos alunos tem sua história diversificada. Ao referir-se ao conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, Oliveira (2006, p.36) ressalta que,

É um conceito que tem um valor explicativo dentro da teoria, mas ele não é um conceito instrumental. Não podemos pegar o conceito de zona proximal, entrar em uma sala de aula e querer medir a zona proximal dos alunos, identificar as zonas proximais e tal, porque ele é um conceito muito flexível e muito complexo, ele não é visível na prática. Quer dizer, ele nos ajuda a entender o desenvolvimento, mas não é visível na prática, pois para cada tópico de desenvolvimento, para cada criança, em cada micromomento teríamos uma zona.

Nesse contexto, existem diversas ZDP, cada uma conforme aquilo que o aluno já sabe, relacionada aos conteúdos escolares determinados, em vista disso, não é uma zona estática, na qual apenas um método pode ser utilizado.

No intuito de compreender melhor o conceito de ZDP, Vygotsky reavalia o papel da imitação na sua relação com o processo ensino-aprendizagem. “Um princípio intocável da psicologia clássica é o de que somente a atividade independente da criança, e não sua atividade imitativa é indicativa de seu nível de desenvolvimento mental” (VYGOTSKY, 2008, p.99). A atividade imitativa era considerada um processo meramente mecânico de cópia do real, que contribuía apenas para a formação de habilidades e acumulação de conhecimento. Nesse

contexto, na escola, por exemplo, para analisar o desenvolvimento do aluno, só podia levar em consideração seu nível de desenvolvimento real.

Vygotsky entende que, apesar de não descartar a possibilidade de que exista momentos em que a imitação se torne meramente um fazer mecânico, a atividade imitativa envolve não só a aplicação das capacidades próprias do aprendiz, mas também uma atividade mental de interpretação e significação das ações que estão sendo realizadas. Em outras palavras, é a reconstrução interna, por parte do indivíduo, daquilo que ele observa, nos outros, ao executar ações que estão além de suas próprias capacidades, constituindo-se num dos possíveis caminhos para o aprendizado. Nesse sentido, Rego (2008, p.111) assegura que:

Através da imitação as crianças são capazes de realizar ações que ultrapassam o limite de suas capacidades, como por exemplo, uma criança pequena, ainda não alfabetizada, pode imitar seu irmão e “escrever” uma lista com os nomes dos jogadores de seu time preferido. Deste modo, ela estará internalizando os usos e funções da escrita e promovendo o desenvolvimento de funções psicológicas que permitirão o domínio da escrita.

Vygotsky ressalta, também, que os animais não têm a capacidade de aprendizado, no sentido humano do termo, nem de desenvolver seu intelecto, pois não possuem Zona de Desenvolvimento Proximal. Assim,

Um primata pode aprender bastante através do treinamento, usando as suas habilidades motoras e mentais; no entanto, não se pode fazê-lo mais inteligente, isto é, não se pode ensiná-lo a resolver, de forma independente, problemas mais avançados (VYGOTSKY, 2008, p.100).

Ele utilizou outro exemplo para esclarecer que, só é possível a imitação de ações que estão dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal do sujeito.

Se uma criança tem dificuldade com um problema de aritmética e o professor o resolve no quadro-negro, a criança pode captar a solução num instante. Se, no entanto, o professor solucionasse o problema usando a matemática superior, a criança seria incapaz de compreender a solução, não importando quantas vezes a copiasse (VYGOTSKY, 2008, p.100).

Nesse sentido, analisar cuidadosamente o papel da imitação no processo ensino-aprendizagem significa contemplar a educação escolar, especificamente a escola inclusiva, o lugar onde a intervenção pedagógica é fundamental para desencadear o processo ensino-aprendizagem de uma forma diferente. Sendo assim, é importante a mediação do professor, pois quando o aluno não consegue realizar determinada atividade, sozinho, mas o faz com a ajuda de alguém mais experiente, está nos mostrando o seu nível de desenvolvimento proximal.

3.3 A relação entre conceitos espontâneos e conceitos científicos

Para se apropriar da ciência é necessário se apropriar da sua linguagem, então, é fundamental compreender como ocorre a formação dos conceitos científicos. Os vygotskyanos defendem que os conceitos são constituídos a partir das interações que os sujeitos estabelecem entre si, mediadas pelo conhecimento, pelos signos e por instrumentos semióticos⁷, visando uma formação conjunta de significados. “São construções culturais, internalizadas pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento” (REGO, 2008, p.76).

Por estar inserida num contexto cultural historicamente formado, a criança, mediada pelo outro, revestido de gestos, atos e palavras (signos), vai construindo formas de pensar, apropriando-se do saber da comunidade em que está inserida. Vygotsky acredita que o homem se produz na e pela linguagem.

Para Vygotsky, as operações com signos, considerados por ele “instrumento psicológico” que tem como função auxiliar o homem na solução de um dado problema psicológico (lembrar, comparar, escolher, etc.), surgem como resultado de um processo dialético. Defende que, no processo de construção de conceitos, o signo é a palavra, parte fundamental, que no começo tem a função de meio na formação de um conceito e depois, passa por uma evolução tornando-se o seu símbolo.

Ao destacar que todo conceito, expresso numa palavra ou signo, constitui-se numa generalização, Vygotsky entende que a generalização “é um excepcional ato

⁷ Instrumentos semióticos (sistemas de signos), criados para a comunicação entre os diferentes atores e para a representação da realidade. Maiores detalhes em “A formação social da mente”; VYGOTSKY (2008, p.31).

verbal do pensamento, ato esse que reflete a realidade de modo inteiramente diverso daquele como esta é refletida nas sensações e percepções imediatas” (VYGOTSKY, 2009, p.9).

Ele ressalta que a formação de conceitos é o resultado de generalizações em níveis diferentes de conceitos, ou seja, consiste em organizá-los em um sistema, tendo como critério o grau de generalização. Daí, o processo de construção do pensamento conceitual relaciona-se intimamente com o uso das palavras, cujos significados são construídos e convencionalizados socialmente. Vygotsky (2002, p.43) destaca que

A formação de conceitos é o resultado de uma complexa atividade em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à tendência, à imagética, à inferência ou às tendências determinantes. Todas estas funções são indispensáveis, mas não são suficientes se não se empregar o signo, ou a palavra, como meios pelos quais dirigimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e o canalizamos para a solução do problema com que nos defrontamos.

Entretanto, o autor salienta que, apesar das tarefas culturais colaborarem significativamente para o pensamento conceptual, não conseguem explicar, por si só, o mecanismo de desenvolvimento que irá resultar na formação de conceitos no adolescente. É preciso que o meio ambiente proponha ao indivíduo novas exigências, propícias para estimular seu intelecto, proporcionando-lhe uma sequência de novos objetivos, contribuindo para que seu raciocínio atinja estágios mais elevados. Dessa forma, é fundamental o educador procurar compreender as relações entre as atividades externas e a dinâmica do desenvolvimento, assim como,

Considerar a gênese dos conceitos como função do crescimento cultural e social global da criança, que não afeta apenas o conteúdo, mas também o seu modo de pensar. A nova utilização significativa, o seu emprego como meio para a formação dos conceitos é a causa psicológica imediata da transformação radical no processo intelectual que ocorre no limiar da adolescência (VYGOTSKY, 2002, p.44).

Para analisar o processo de formação de conceitos, Vygotsky, juntamente com seus colaboradores, realizou um estudo experimental, que lhes possibilitaram

uma descrição das fases e estágios do desenvolvimento cognitivo de uma criança até a adolescência. O material utilizado era composto por 22 blocos de madeira, de cores diferentes (cinco), formas diferentes (seis), duas alturas e duas larguras, misturados e espalhados sobre uma mesa. Na face do bloco, voltada para baixo, está escrito uma de quatro palavras sem sentido (LAG, BIK, MUR e CEV), que não pode ser vista pelo sujeito experimental. Diante deste, o experimentador virava cada um dos blocos, lendo seu nome em voz alta. O pressuposto é que é possível deduzir o uso de pensamento conceitual pelo sujeito conforme o grupo de objetos que ele forma e o procedimento por ele utilizado.

A partir dos resultados dos experimentos com crianças, adolescentes e adultos, Vygotsky propôs fases e estágios de desenvolvimento genético do pensamento conceitual: Na fase inicial, a criança, ainda muito pequena, agrupa objetos formando *amontoados sincréticos* em que os objetos são colocados juntos ao acaso e de modo assistemático. Elas ignoram a vinculação da palavra dada ao objeto, pois “O significado das palavras para a criança, não denota mais do que uma conglomeração sincrética e vaga dos objetos individuais que numa forma ou doutra coalesceram numa imagem no seu espírito” (VYGOTSKY, 2002, p.44).

Numa segunda fase, denominada *pensamento por complexos*, “a criança percebe a função atributiva da palavra, mas não a significativa, ou seja, não percebe o conceito abstrato que a palavra representa” (MONTEIRO, 2006, p.37). A criança começa a apresentar tendências para a abstração, pois não faz mais generalizações incoerentes. Logo, “O mais importante para construir um complexo é o fato de ele ter na sua base não um vínculo abstrato e lógico, mas um vínculo concreto e fatural entre elementos particulares que integram sua composição” (VYGOTSKY, 2009, p. 180).

Vygotsky diferencia cinco tipos de complexos. Num primeiro estágio, o *pensamento associativo*, baseia-se em toda e qualquer característica comum que eventualmente lhe chame a atenção. O segundo estágio, a *associação por coleções*, a criança procura agrupar os blocos com base em alguma característica que torna os objetos diferentes e, conseqüentemente, complementares entre si, para então fazer uma combinação (cor, tamanho, forma, etc.). É uma associação por contraste e não por semelhança.

Num terceiro estágio, aparece o *complexo em cadeia*, em que os grupos de blocos, por exemplo, são constituídos a partir de uma série de tamanhos, formas, cores, etc., numa junção dinâmica e consecutiva de ligações isoladas numa única corrente, em que o significado passa de um elo para o outro, pois o modo como cada elo da cadeia se articula com o que o precede e o que lhe segue não apresenta coerência nenhuma. Na proporção que o complexo em cadeia obtém uma qualidade vaga e flutuante, surge o quarto estágio, o *complexo difuso*. Neste caso, uma semelhança muito remota pode ser suficiente para a inserção do objeto no complexo.

Já o quinto estágio, o *pseudoconceito*, constitui a forma mais avançada do pensamento por complexos, servindo como uma ponte entre o pensamento por complexos e os conceitos verdadeiros.

O pseudoconceito serve como elo de ligação entre o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos. É dual por natureza, pois um complexo já traz em si a semente em germinação de um conceito. O intercâmbio verbal com os adultos torna-se assim, um poderoso fator de desenvolvimento dos conceitos infantis (VYGOTSKY, 2002, p.50).

Vygotsky verificou que, se o significado das palavras não limitasse ou norteasse o pensamento das crianças, os pseudoconceitos não surgiriam, nem ocorreria a comunicação verbal entre adultos e crianças.

Para ele, o pseudoconceito predomina sobre os outros complexos na criança em idade pré-escolar, por uma causa muito simples:

[...] na vida real, os complexos que correspondem ao significado das palavras não são espontaneamente desenvolvidos pela criança: a trajetória seguida por um complexo no seu desenvolvimento encontra-se pré-determinada pelo significado que determinada palavra já possui na linguagem dos adultos (VYGOTSKY, 2002, p.49).

Dessa forma, a criança generaliza fenotipicamente, porém psicologicamente seu conceito não é semelhante ao conceito propriamente mencionado pelo adulto. O adulto não pode ensinar a criança a pensar como ele, a respeito de uma determinada palavra, apesar de a criança para nomear a palavra, ter a princípio como apoio o significado da palavra transmitida pelo adulto.

No estágio do pensamento complexo, os significados das palavras tal como as crianças os percebem referem-se aos mesmos objetos que o adulto tem no espírito, o que assegura a compreensão entre a criança e o adulto, mas que a criança pensa a mesma coisa de maneira diferente, por meio de operações mentais diferentes (VYGOTSKY, 2002, p.51).

Numa terceira fase do desenvolvimento, os chamados conceitos potenciais, uma característica específica do objeto é abstraída das demais características. O critério de agrupamento utilizado pela criança não é mais fundamentado no maior número de semelhanças existentes entre os objetos, mas em um único atributo, por exemplo, cor amarela ou forma cilíndrica.

Vygotsky (2002) ressalta que o conceito ligado a uma palavra sempre representa um ato de generalização, em qualquer idade, e que não é preciso que o desenvolvimento por complexo tenha seguido toda a sua trajetória para que a criança pense por meio das relações necessárias à construção de um conceito. Ele entende que é fundamental ir além da capacidade de unificação.

Para formar esse conceito é também necessário abstrair, isolar elementos e ver os elementos abstraídos da totalidade da experiência concreta em que se encontram mergulhados. Na genuína gênese dos conceitos é tão importante unificar como separar: a síntese tem que combinar-se com a análise (VYGOTSKY, 2002, p.55).

Essa fase requer uma tomada de consciência da própria atividade mental, pois envolve uma relação especial com o objeto (coisa, fato ou sentimento), internalizando o que é essencial do conceito e na compreensão de que ele faz parte de um sistema. O uso das imagens concretas em lugar dos pensamentos abstratos é um dos mais característicos traços do pensamento primitivo (VYGOTSKY, 2002). Ele destaca que é necessário distinguir um conceito de uma imagem, impressão sensorial de um determinado objeto.

Vygotsky (2002, 2009) verificou que ao inserir uma nova palavra ao seu vocabulário, a criança apenas está começando o processo de desenvolvimento intelectual sobre a respectiva palavra. É apenas uma generalização, resultante de um tipo de abstração isolante mais primitivo, chamada *conceitos potenciais*. Gradualmente, essa palavra é substituída por compreensões mais aprofundadas.

Essa apropriação aumenta à medida que os contextos vão sendo

diversificados e as funções intelectuais complexas, como atenção voluntária, memorização ativa, pensamento abstrato e o comportamento intencional, vão sendo construídos e consolidados, implicando na formação dos verdadeiros conceitos. Para isso, é necessário, segundo Vygotsky, que o indivíduo tenha controle da abstração aliado com o pensamento por complexos em sua fase mais avançada.

Em síntese, os processos que levam à construção de conceitos desenvolvem-se principalmente pela formação de complexos, em que a criança procura agrupar os objetos, baseada no isolamento de uma característica ou nome em comum, e pela formação dos conceitos potenciais, em que a criança, baseada no isolamento de determinados atributos em comum, apresenta a capacidade de sintetizar e analisar, resultando num instrumento de pensamento.

Esses estudos experimentais contribuíram para que Vygotsky chegasse à conclusão que o significado de uma palavra se constrói na mente da criança de diferentes modos nas fases sucessivas de seu desenvolvimento, sendo a percepção e a linguagem indispensáveis à formação de conceitos e que, a capacidade do adolescente de construir esses conceitos antecede sua capacidade de defini-los. “Em ambos os processos o emprego da palavra é parte integrante dos processos genéticos e a palavra mantém a sua função orientadora na formação dos conceitos genuínos a que o processo conduz” (VYGOTSKY, 2002, p.58).

Ainda com relação ao desenvolvimento do processo cognitivo do ser humano, como vimos, começa na fase mais precoce da infância, e amadurece, toma forma e desenvolve-se somente na puberdade. Pois a criança desde seu nascimento encontra-se integrada em uma realidade socioeducativa convivendo com diversas situações de ensino de diferentes naturezas. Toda vez que o indivíduo se depara com uma nova situação de aprendizagem, tem sempre uma história antecedente.

Como membro de um grupo sócio-cultural determinado, ela vivencia um conjunto de experiências e opera sobre todo o material cultural (conceitos, valores, idéias, objetos concretos, concepção de mundo, etc) a que tem acesso. [...] Por exemplo, antes de estudar matemática na escola, a criança já teve experiências com quantidades e, portanto, já lidou com noções matemáticas. No entanto, ao ingressar na escola, um outro tipo de conhecimento se processa (REGO, 2008, p.76).

Conforme Vygotsky (2002), se levarmos em consideração o contexto escolar, muitas vezes o aluno é capaz de definir um objeto, quando sabemos que ainda não formou o conceito. Pois, ao ingressar na escola, a criança terá um novo caminho para o desenvolvimento dos conceitos, que se diferencia de tudo aquilo que aprendeu antes, abrangendo uma diversidade de capacidades que estão muito além da simples memorização de conteúdo.

Vygotsky (2002; 2009) procura explicar o desenvolvimento cognitivo ao analisar a maneira como se desenvolvem os conceitos espontâneos ou cotidianos, formados da experiência pessoal da criança, através de sua relação imediata e direta com os objetos concretos e os não espontâneos ou científicos, formados a partir de uma relação mediada por outros conceitos, exigindo que ocorra generalização, tomada de consciência e sistematização dos conceitos.

Howe (1996, apud GASPAR e MONTEIRO, 2005) destaca que o termo conceitos científicos é utilizado por Vygotsky de forma ampla, englobando questões das ciências sociais, línguas, matemática e ciências naturais. Estão associados a conhecimentos sistemáticos e hierárquicos, apresentados e apreendidos como parte de um sistema de relações. Já os conceitos espontâneos, ao contrário, referem-se a conceitos não-sistemáticos, não-organizados, baseados em exemplos particulares e adquiridos em contextos da experiência cotidiana.

Estudos experimentais, realizados com crianças, com o intuito de caracterizar as peculiaridades e identificar as relações entre os conceitos científicos e espontâneos levaram Vygotsky a inferir que entender a forma como ocorre a evolução dos conceitos científicos e espontâneos, é entender como acontece na íntegra a história do desenvolvimento mental da criança. Revelaram também que:

[...] o acúmulo de conhecimentos leva invariavelmente ao aumento dos tipos de pensamento científico, o que, por sua vez, se manifesta no desenvolvimento do pensamento espontâneo e redundando na tese do papel prevalente da aprendizagem no desenvolvimento do aluno escolar (VYGOTSKY, 2009, p.243).

De acordo com Vygotsky, a aprendizagem na educação infantil sofre influências significativas de conceitos espontâneos formados a partir das experiências cotidianas da criança. O desenvolvimento desses conceitos

espontâneos proporciona condições fundamentais para a construção de conceitos científicos.

Frente a um conceito sistematizado, desconhecido, a criança busca significá-lo através de sua aproximação com outros já conhecidos, já elaborados, e internalizados. Ela busca enraizá-lo na experiência concreta. Do mesmo modo, um conceito espontâneo nebuloso, aproximado a um conceito sistematizado, coloca-se num quadro de generalização (FONTANA, 1993, apud REGO, 2008, p.78).

Para Vygotsky (2009), é no processo de ensino, através do trabalho do professor e na aprendizagem, que se verifica a formação dos conceitos científicos na criança. Pois, o aluno alcançará estágios mais avançados de raciocínio. É indispensável à influência do meio ambiente no sentido de desafiar, exigir e estimular o intelecto do aluno.

A escola, conforme as concepções vygotskianas, constitui um espaço em que os alunos, como sujeitos históricos, por meio da linguagem e de atividades interativas e educativas, têm a oportunidade de construir conhecimentos, apropriando-se de instrumentos culturais, para participarem da sociedade na condição de cidadãos críticos. É o local onde pelos menos duas linguagens diferentes, a científica e a espontânea, interagem e proporcionam o surgimento de novos significados, num movimento dialógico.

Nesse sentido, Schroeder (2007, p.311) afirma que:

Na escola os dois tipos de conceitos interagem dialeticamente, desempenhando diferentes funções para a teoria do desenvolvimento, o que resulta no que Vygotsky denomina de “*conceitos verdadeiros*”, que são as compreensões mais aprofundadas, dos sujeitos, sobre um domínio específico.

Percebe-se, então, que a escola passa a ter papel fundamental, pois a intervenção pedagógica causa avanços que não aconteceriam espontaneamente.

Rego (2008) cita um exemplo do avanço escolar que os conhecimentos espontâneos adquirem, tornando-se, assim, científicos, sem negar os anteriores:

[...] a partir do seu cotidiano, a criança pode construir o conceito gato. Esta palavra resume e generaliza as características deste animal (não importa o tamanho, a raça, a cor, etc.) e o distingue de outras categorias tal como livro, estante, pássaro. Os conceitos científicos se relacionam àqueles eventos não diretamente acessíveis à observação ou a ação imediata da criança: são conhecimentos sistematizados, adquiridos nas interações escolares. Por exemplo, na escola o conceito gato pode ser ampliado e tornar-se ainda mais abstrato e abrangente. Será incluído num sistema conceitual de abstrações, graduais, com diferentes graus de generalizações: gato, mamífero, vertebrado, animal, ser vivo constituem uma seqüência de palavras que, partindo do objeto concreto gato adquirem cada vez mais abrangência e complexidade (REGO, 2008, p.77).

Como destaca Rego (2008), os conceitos científicos e espontâneos estão intimamente relacionados e se influenciam mutuamente, pois fazem parte, na verdade, de um único processo, o desenvolvimento da formação de conceitos (aquisição de sentido por meio da palavra). Os conceitos espontâneos não são substituídos por conceitos científicos, mas reorganizados no espaço de sala de aula e continuam vinculados ao indivíduo que pode explicá-los conforme o contexto em que forem aplicados (MORTIMER; SCOTT, 2002). Isso é verificado quando os conceitos espontâneos proporcionam uma visão mais ampla da realidade para a criança, característico do conceito científico e, de outro lado, os conceitos científicos se tornam mais concretos, quando apoiados nos conceitos espontâneos. De acordo com Schoreder (2007, p.299):

Vygotsky enfatiza a interação dinâmica entre estes dois sistemas, que acontece numa via de mão dupla: os conceitos científicos possibilitam realizações que não poderiam ser efetivadas pelo conceito espontâneo e vice-versa. Ou seja, os conceitos científicos não são assimilados em sua forma já pronta, mas sim por um processo de desenvolvimento relacionado à capacidade geral de formar conceitos, existente no sujeito. Por sua vez, este nível de compreensão está associado com o desenvolvimento dos conceitos espontâneos.

Vale salientar que, Vygotsky (2002), se partirmos da condição de que um conceito é sempre um ato de generalização, chegaremos à conclusão que é impossível ao professor ensinar diretamente ao aluno o significado de uma palavra (um conceito). “Um professor que tenta conseguir isto habitualmente mais não consegue da criança do que um verbalismo vazio, um psitacismo que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade só encobre um

vácuo” (VYGOTSKY, 2002, p.59). Sendo assim, para a criança adquirir a capacidade de compreender um conceito científico, é essencial existir conceito espontâneo correlato e suficientemente desenvolvido.

A diferença entre os dois tipos de conceitos também é fundamental para obtermos uma melhor compreensão a respeito da evolução da criança e, conseqüentemente, do trabalho educacional. Conforme Vygotsky (2002), esses conceitos se formam e se desenvolvem sob condições externas e internas diferentes e são motivados por problemas diferentes, ou seja, a experiência pessoal da criança no que se refere ao desenvolvimento de conceitos científicos e cotidianos é diferente.

A mente defronta-se com problemas muito diversos quando assimila conceitos na escola e, quando é entregue aos seus próprios recursos. Quando transmitimos um conhecimento sistemático à criança, ensinamos-lhe muitas coisas que esta não pode ver ou experimentar diretamente. Como os conceitos científicos e os conceitos espontâneos diferem pela relação que estabelecem com a experiência da criança e pela atitude da criança relativamente aos seus objetos, será de esperar que sigam caminhos de desenvolvimento muito diferentes desde a sua gestação até a sua forma final (VYGOSKY, 2002, p.61).

Os experimentos realizados por Vygotsky e colaboradores revelaram que a formação de conceitos é um processo criativo e se orienta para a solução de problemas. Nesse sentido, é imprescindível a mediação consciente do professor não só para a tomada de consciência dos conceitos espontâneos e sua reconstituição verbal, mas principalmente para a elaboração dos conceitos científicos.

Segundo Vygotsky, nas experiências cotidianas, a criança focaliza-se nos objetos e não tem consciência de seus conceitos, ela usa corretamente a conjunção porque, por exemplo, porém, não é capaz de aplicá-la numa situação experimental, enquanto que nos conceitos aprendidos na escola, auxiliada por alguém mais experiente, consegue resolver melhor problemas que envolvem o uso consciente do conceito.

Geralmente o aluno tem certa dificuldade para solucionar problemas que envolvam situações da vida cotidiana, apresenta certa morosidade para tomar

consciência e formular verbalmente o conceito espontâneo, apesar de dominá-lo na prática. Sobre essa questão, Vygotsky (2002, p.76) afirma que:

A criança ganha consciência dos seus conceitos espontâneos relativamente tarde. [...] Ela possui o conceito (isto é, conhece o objeto a que o conteúdo se refere), mas não tem consciência de seu ato de pensamento. No seu desenvolvimento, o conceito científico, em contrapartida, começa usualmente pela sua definição verbal sendo logo de início utilizado em operações não espontâneas – quer dizer, logo de início se começa a operar com o próprio conceito, que começa a sua vida no cérebro da criança a um nível que os conceitos espontâneos só atingem mais tarde.

Para confirmar a hipótese de que os conceitos espontâneos e científicos se influenciam mutuamente, porém se comportam diferentemente em atividades idênticas, pois se constroem, desenvolvem e dizem respeito a processos diversos, Vygotsky (2009), em um dos seus estudos empíricos, comparou um conceito científico - a lei de Arquimedes - com um conceito espontâneo - à compreensão do conceito de irmão.

Suas pesquisas demonstraram que a criança em idade escolar assimila tais conceitos de forma diferente. Ela tem bem mais facilidade em responder questões sobre o primeiro conceito que sobre o segundo. Isto porque a lei de Arquimedes foi apresentada ao aluno formalmente pelo professor, pronto e acabado, enquanto que o conceito de irmão, provavelmente nunca tenha sido definido formalmente pelas pessoas que estão à sua volta. A citação abaixo explicita o que vimos dizendo:

O desenvolvimento do conceito de irmão não começou pela explicação do professor nem pela formulação científica do conceito. Em compensação, esse conceito é saturado de uma rica experiência pessoal da criança. Ele já transcorreu uma parcela considerável do seu caminho de desenvolvimento e, em certo sentido, já esgotou o conteúdo puramente fatural e empírico nele contido. Mas é precisamente estas últimas palavras que não podem ser ditas sobre o conceito lei de Arquimedes. (VYGOTSKY, 2009, p.264).

Vygotsky (2002) cita outro exemplo análogo, o fato como a influência que o aprendizado de uma língua estrangeira exerce sobre o conhecimento da língua materna que a criança já possui. A primeira, geralmente, traz elementos que conscientizam o aluno de características de sua língua que ele jamais tinha

verificado. A criança desenvolve aspectos gramaticais relativos à fonética, à morfologia e à sintaxe, antes da fala espontânea, entretanto para conseguir uma boa evolução no aprendizado da língua estrangeira é fundamental a criança apresentar maturidade em sua própria língua. Já, o aprendizado de uma nova língua contribuirá significativamente para o aprendizado dos aspectos gramaticais de sua língua materna.

Além disso, considerações igualmente empíricas levaram Vygotsky a concluir que:

[...] a força e a fraqueza dos conceitos espontâneos e científicos no aluno escolar são inteiramente diversas: naquilo que os conceitos científicos são fortes os espontâneos são fracos, e vice-versa, a força dos conceitos espontâneos acaba sendo a fraqueza dos conceitos científicos (VYGOTSKY, 2009, p.263).

Para os vygotksyanos, o desenvolvimento de conceitos é, simultaneamente, uma modificação no modo de lidar praticamente e empiricamente com o objeto e no modo de pensar teoricamente. Uma vez que, os conceitos científicos contribuem para que ocorram alterações no conceito espontâneo, levando-o para níveis de compreensão mais elevados. Ao mesmo tempo, os conceitos espontâneos formam uma base, fornecendo elementos concretos relevantes para que o indivíduo compreenda as abstrações do conceito científico, desenvolvendo-o. Para Vygotsky, é necessário que o desenvolvimento de um conceito cotidiano tenha atingido certo nível para que o indivíduo possa adquirir um conceito científico correlato.

Uma vez atingidos a consciência e o controle em determinado tipo de conceitos, todos os conceitos previamente formados são reconstruídos em conformidade com essa consciência e esse controle. [...] Ao forçarem lentamente o seu caminho ascendente, os conceitos quotidianos abrem caminho para os conceitos científicos e seu desenvolvimento descendente. Cria uma série de estruturas necessárias para a evolução dos aspectos mais primitivos e elementares de um conceito, que lhe dão corpo e vitalidade. Os conceitos científicos, por seu turno, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança rumo à consciência e à utilização deliberada (VYGOTSKY, 2002, p. 75-76).

Conforme o exposto acima, à medida que o aluno consegue desenvolver os conceitos científicos, atingindo níveis mais elevados, também se eleva o nível de desenvolvimento espontâneo, ou seja, o desenvolvimento dos conceitos cotidianos acontece em direção contrária ao desenvolvimento dos conceitos científicos e numa certa fase da evolução acabam por se encontrar.

Considerando os aspectos questionados anteriormente, no capítulo seguinte, a partir da definição do problema de pesquisa que surge nesta dissertação e suas questões norteadoras, descrevemos a metodologia utilizada para a coleta e análise de dados.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

Tomando como base os pressupostos da teoria sócio-histórica de Vygotsky, assim como estudos recentes que envolvem a utilização de atividades experimentais no ensino de Física, descritos no capítulo 2, objetivamos, por meio desta pesquisa, investigar se a estratégia de ensino baseada na aplicação de atividades experimentais de demonstração em sala de aula torna possível a interação social dos alunos com o professor e dos alunos entre si, de forma a contribuir para a construção do conhecimento e ressignificação do processo de ensino e aprendizagem.

Acreditamos que as interações discursivas mediadas pelo uso de atividades experimentais no decorrer de aulas expositivas são fundamentais para que o processo de ensino-aprendizagem se concretize, ao proporcionar um ambiente de negociação e compartilhamento de significados.

Nesse sentido, ao observarmos o ambiente natural da sala de aula, buscamos, por meio de nossa pesquisa, especificamente, responder as seguintes questões:

- Como diferentes tipos de discurso construídos em torno das atividades experimentais de demonstração em sala de aula de Física proporcionam a interação social de forma a efetivar o processo de construção de significados, pelos alunos?
- As interações discursivas possibilitam ou não o desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)?

4.1 Metodologia de coleta de dados

4.1.1 Sobre os sujeitos e local do desenvolvimento da pesquisa

Neste estudo, os episódios de ensino analisados foram registrados em uma turma de 2^a série do ensino médio de uma escola da rede oficial de ensino estadual. Trata-se de uma escola de médio porte situada na cidade de Serra Branca-PB, localizada no cariri paraibano.

Convém registrar que, no período em que foi feita a pesquisa, a escola dispunha de 1052 alunos, oriundos da zona urbana e rural, distribuídos da seguinte forma: manhã (247 alunos no Ensino Fundamental e 184 no Ensino Médio), tarde (206 alunos no Ensino Fundamental e 77 no Ensino Médio), e a noite funciona o projeto EJA (Educação de Jovens e Adultos), com 217 alunos no Ensino Fundamental e 121 no Ensino Médio.

A escola dispõe de um espaço físico que possui 13 salas de aula, contendo carteiras enfileiradas, mesa do professor e quadro de giz, comportando em média 32 alunos; setor administrativo e pedagógico, um laboratório de Química, Física e Biologia que é pouco utilizado devido à precariedade de recursos materiais; uma sala de vídeo e um laboratório de informática com acesso à internet, que funcionam caoticamente; uma biblioteca que disponibiliza empréstimos de livros aos alunos, porém o acervo é limitado. Vale salientar que, em quase todas as disciplinas os alunos dispõem de livros, para uso em seu cotidiano.

Do ponto de vista didático-pedagógico, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) é que norteiam o trabalho docente e a proposta pedagógica da escola, construída com base neles, foi aprovada pelo Conselho Escolar.

Possui um corpo docente constituído por 52 professores, os quais em sua maioria são efetivos, porém, uma minoria contratada temporariamente; um diretor, duas vice-diretoras, uma supervisora escolar e uma secretária. Vale destacar que não dispunha do trabalho de orientador educacional, nem de coordenador pedagógico, no período em que foi realizada esta pesquisa.

A carga horária da disciplina de Física, em todas as séries do Ensino Médio é de três horas/aula semanais, sendo duas aulas ministradas no mesmo dia, chamadas de “aulas duplas”, por serem conjugadas e uma aula num outro dia. Na EJA (Educação de Jovens e Adultos), são duas horas/aula semanais. A turma investigada tinha duas aulas de Física às terças-feiras e uma aula às quartas-feiras.

A turma submetida à observação, composta por 29 alunos, com idade variando de 14 a 16 anos, foi bastante alterada na transição do 1º ano (cursado em 2010) para o 2º ano (cursado em 2011), devido ao remanejamento de alunos da própria escola e a incorporação de alunos de outra escola, fatos esses que

contribuem para que se efetive o processo de socialização, além de facilitar a convivência com as diferenças por parte desses.

A preferência em realizar esta pesquisa nessa turma de 2ª série do Ensino Médio ocorreu devido à professora destacar que se trata de uma turma bastante heterogênea, em que a maior parte dos alunos mostra-se bastante desinteressada quando a aula é apenas teórica.

Neste estudo os nomes dos alunos são fictícios, e tal estratégia foi usada com o objetivo de manter preservada a identidade de cada um. Salientamos que, nas descrições dos episódios escrevemos entre colchetes, em itálico, quando consideramos necessário realizar um comentário que ajuda a representar as atitudes em sala de aula.

A professora, que conduziu as aulas, é formada em Química Industrial, possui mestrado em Engenharia Sanitária. Leciona Química e Física nas três séries do Ensino Médio dessa escola há 15 anos, com carga horária de trinta horas semanais, e em outra escola há 12 anos, com a carga horária de vinte horas semanais.

A escolha pela professora ocorreu em função da mesma normalmente realizar, juntamente com os alunos, atividades experimentais de demonstração no decorrer de aulas expositivas, apesar de eventualmente trabalhar atividades experimentais em locais específicos (laboratórios clássicos com bancadas). Também, por ela acreditar que se trata de uma estratégia de ensino que influencia positivamente na participação do aluno, incentivando-o a aprimorar a qualidade discursiva produzida em sala de aula, além de criar condições para a construção de conhecimentos procedimentais e atitudinais.

4.1.2 Sobre os instrumentos utilizados para a coleta de dados

Os dados para análise das interações discursivas em sala de Física foram coletados por meio de observações diretas com registros escritos em “diário de campo”, acompanhamento sistemático com gravações em vídeo das aulas pesquisadas para facilitar a transcrição dos diálogos, além de uma entrevista com a professora que participou da pesquisa. Quanto à gravação do som nas aulas, foi realizada diretamente pelo microfone embutido na câmera de vídeo.

A gravação em vídeo é uma técnica que torna possível ao pesquisador detectar as interações verbais e não-verbais no ambiente social de sala de aula, favorecendo uma descrição pormenorizada das pessoas, local e fatos envolvidos.

O planejamento da filmagem é fundamental no intuito de evitar que aspectos relevantes não passem despercebidos. "Para que se torne um instrumento válido e fidedigno de investigação científica, a observação precisa ser antes de tudo controlada e sistemática" (LÜDKE; ANDRÉ, apud CARVALHO, 2005, p.6). Nesse sentido, o operador da máquina deverá estar informado sobre o que deverá gravar.

Mesmo ciente dos obstáculos que poderiam surgir no decorrer da tomada de dados, utilizando a câmera de vídeo, estávamos tranquilos, visto que a professora e alunos não fizeram nenhuma objeção quando ao uso desse instrumento, até por que os mesmos já tinham passado por situações semelhantes em outras ocasiões.

Para verificarmos as interações sociais, mediadas pelo uso de atividades experimentais, estrategicamente colocamos a câmera de vídeo em um dos lados na frente da sala. Nossa intenção foi conseguir visualizar os alunos de frente e o professor de lado, uma vez que tínhamos a preocupação de focalizar mais os alunos, para que possam ser melhor identificadas suas interações, bem como as interações do professor (CARVALHO, 2005). Procurávamos chegar um pouco antes da professora para organizar o material da filmagem.

Vale ressaltar que costumeiramente, nas aulas em que são realizadas atividades experimentais, os alunos colocam as carteiras dispostas em semicírculo facilitando uma boa visibilidade com relação às demonstrações.

Os arquivos de vídeo foram sistematicamente assistidos, várias vezes, proporcionando oportunidades de melhor compreensão dos fatos ocorridos em sala de aula. "Esse ver e rever traz às pesquisas em ensino uma coleção de dados novos, que não seriam registrados pelo melhor observador situado na sala de aula" (CARVALHO, 2005, p.8).

Na perspectiva de conseguir informações que não foram obtidas no decorrer das aulas pesquisadas realizamos com a professora uma entrevista, "entendida como técnica que envolve duas pessoas numa situação 'face a face' e em que uma delas formula questões e a outra responde" (GIL, 2009, p.115).

Trata-se de uma entrevista semi-estruturada (Apêndice), que se caracteriza por combinar perguntas fechadas (ou estruturadas) e abertas, ser “guiada por relação de pontos de interesse que o investigador vai explorando ao longo de seu curso” (GIL, 2009, p.117), além de apresentar questionamentos básicos suportados por teorias e hipóteses que se relacionam ao tema da pesquisa. No nosso caso, foram exploradas perguntas sobre práticas docentes, exercício da docência, atividades experimentais (abordagens, estratégias e recursos utilizados).

4.1.3 Sobre as aulas

Para a análise, foram selecionados episódios de ensino que, de acordo com Carvalho (2005, p.8), “são momentos extraídos de uma aula, onde fica evidente uma situação que queremos investigar”. Foram coletados nos horários regulares de aula da turma, no turno matutino, no segundo semestre de 2011, entre os meses de julho e agosto, conforme uma sequência de ensino de dezoito (18) aulas⁸, referentes à unidade “calor”, composta de dois capítulos, “Mudanças de fase” e “Leis da Termodinâmica” distribuídas da seguinte forma:

- 1ª Introdução com textos e experimento;
- 2ª Resolução de exercícios;
- 3ª Experimentos;
- 4ª Experimentos;
- 5ª Diagrama de fases;
- 6ª Resolução de exercícios;
- 7ª Texto sobre Máquinas Térmicas;
- 8ª Experimentos sobre máquinas térmicas;
- 9ª Resolução de exercícios;
- 10ª Aplicação de exercícios envolvendo os dois capítulos.

Além dessas dezoito aulas observadas, o autor desse trabalho juntamente com um ex-aluno da escola, responsável pelas filmagens e fazendo uso da câmera de vídeo, acompanharam as aulas da professora, na turma investigada, em dois

⁸ Tanto a segunda quanto a sexta aula, ocorreram em aproximadamente 45 minutos. Já as demais aulas, denominadas “aulas duplas”, ocorreram em aproximadamente 90 minutos, cada.

encontros que antecederam à sequência de ensino. O objetivo principal foi evitar que os alunos se sentissem inibidos durante as aulas. Constatamos que a professora estava realizando a correção de exercícios sobre o conteúdo referente ao comportamento térmico dos gases e que, para surpresa nossa, os alunos ficaram à vontade diante da câmera.

Vale salientar que na sequência de ensino observada, a dinâmica de trabalho foi constituída por atividades diversificadas. Incluíam trabalhos em grupo, aula expositiva, algumas vezes, com recurso audiovisual, no caso o data-show, realização de atividades experimentais em sala de aula, leitura e discussão de textos que envolviam aspectos sociais da Física e/ou relacionados aos experimentos. Os alunos usavam, sempre que preciso um livro convencional de Física que tinha sido adotado pela escola.

Ressaltamos que o material gravado em vídeo, aproximadamente 270 minutos, refere-se a seis aulas que envolveram a realização de atividades experimentais.

Optamos por investigar o desenvolvimento de atividades, referente a mudanças de estado físico devido à influência da pressão, planejadas pela professora para serem executadas em três momentos, com duração de 90 minutos (previstos) cada. O primeiro momento constou de leitura e interpretação de dois textos, anexos A e B, respectivamente, seguido da realização de uma atividade de demonstração/observação aberta, cujo intuito foi contribuir para o levantamento de questões problematizadoras, auxiliando a professora na identificação de concepções espontâneas ou explicações prévias por parte dos alunos. Além de servir como ponto de partida para contextualização teoria-prática, planejamento e realização de outras atividades experimentais.

Voltando à questão da utilização dos textos, fomos informados pela professora que, foram previamente selecionadas para inserir, no contexto da sala de aula, discussões sobre os valores neles abordados e relacionados à realidade em que o (a) aluno (a) se encontra integrado (a).

Num segundo momento, visando socializar o conhecimento, enquanto os membros de cada equipe, composta em média por quatro alunos, apresentaram suas atividades experimentais, a professora destacou, no quadro de giz, as ideias

expostas pelos mesmos, juntamente com aquelas que surgiram a partir das intervenções dos demais colegas. Já no terceiro momento, prosseguiram as apresentações e intervenções, seguidas de um questionamento, promovido pela professora sobre o modelo científico capaz de explicar as demonstrações.

A respeito da organização dos alunos em pequenos grupos, concordamos que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir enquanto divide responsabilidades e ideias sobre o que devem fazer e como fazê-lo (BORGES, 2002).

4.2 Metodologia para análise de dados

Para analisarmos os episódios de ensino selecionados, obedecemos a um delineamento de pesquisa de natureza qualitativa, tipo Estudo de caso, tomando como referência a Teoria de Vygotsky, entendendo pesquisa como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos” (GIL, 2009, p.17). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, por buscar indícios que possibilitem condições de nos mostrar como professor/aluno e aluno/aluno se inter-relacionam num movimento discursivo para a estruturação de sentidos dos dados experimentais em sala de aula de Física.

Por estarmos preocupados com uma situação diária de nossa região, que é a realização de aulas esvaziadas de significados e desprovidas de atividades experimentais, que contribui para o surgimento de elevados índices de evasão escolar, repetência e de analfabetismo científico, resolvemos empreender esta pesquisa buscando não só compreender o porquê, mas também contribuir para a solução de tal situação. Para isso, optamos por uma estratégia de investigação, Estudo de Caso, que se caracteriza por apresentar um “método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados” (YIN, apud VENTURA, 2007, p.384).

O Estudo de Caso é atualmente “encarado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos” (YIN, 2001, apud GIL, 2009, p.54). Para este autor, a observação direta dos acontecimentos e entrevistas são procedimentos fundamentais para que esse

tipo de pesquisa, que normalmente apresenta um forte cunho descritivo, se consolide.

É importante destacar que neste trabalho procuramos desenvolver um estudo inserido numa perspectiva sociocultural de educação, visando compreender os fenômenos investigados, descrevendo-os minuciosamente e buscando identificar prováveis e imprescindíveis relações, integrando o individual com o social. Diante dessa perspectiva, consideramos fundamental verificar como os processos de ensino e a aprendizagem são estruturados e efetivados por meio do diálogo e da interação.

Com relação à análise das interações discursivas, o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (VYGOTSKY, 2008), central na teoria sócio-cultural, tem sido abordado principalmente no intuito de “mostrar a ação do outro como ajuda, guia, compartilhamento, andaime, etc” (AGUIAR; MORTIMER, 2005, p.181). É um conceito que enfatiza o papel mediacional do professor como aquele que auxilia por meio das suas intervenções a construção do discurso colaborativo com os alunos fomentando a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo.

Ao considerar a escola uma unidade social, o professor deverá estar consciente não só da importância da interação existente entre o contexto em que a escola e os alunos estão inseridos e do desenvolvimento de hábitos de colaboração e trabalho em equipe, mas também do modo como o conteúdo deve ser desenvolvido.

Nesse sentido, em nossa pesquisa para verificarmos a forma como os discursos são apresentados e construídos pela professora e alunos, utilizamos aspectos da ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2002). Trata-se de um instrumento analítico voltado para investigar o processo pelo qual os significados são construídos e desenvolvidos no contexto social da sala de aula de ciências, com a utilização da linguagem, interação e mediação (MORTIMER; SCOTT, 2002). Busca caracterizar o modo como o professor e alunos organizam suas perguntas e respostas, como expressam suas ideias, bem como as explicações e intervenções do professor.

Nossa opção por tal instrumento analítico deu-se em função do mesmo fazer parte de uma abordagem sócio-histórica e pelo caráter promissor para a

investigação das “formas como novos significados são desenvolvidos por meio dos modos de expressão verbal e não-verbal” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.285). Também por possibilitar o aprofundamento dos estudos relacionados às interações sociais desencadeadas em sala de aula de Ciências, a partir da relação triádica professor/experimento/aluno.

A ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2002) baseia-se na teoria sócio-histórica de Vygotsky (2008). Segundo este autor, o desenvolvimento psicológico envolve uma passagem do contexto social (relação interpessoal) para o contexto individual (relação intrapessoal). Fundamentando a sua estrutura analítica nesse referencial teórico, Mortimer e Scott (2002) indicam cinco aspectos interligados cujo enfoque é dado ao papel do professor na sua tarefa de tornar os conceitos científicos disponíveis no plano social de sala de aula e dar apoio aos estudantes na construção de sentidos sobre esses conceitos. Esses aspectos foram agrupados em termos de focos do ensino, abordagem e ações, conforme o quadro apresentado abaixo:

ASPECTOS DA ANÁLISE	
i. Focos do ensino	1. Intenções do professor 2. Conteúdo
ii. Abordagem	3. Abordagem comunicativa
iii. Ações	4. Padrões de interação 5. Intervenções do professor

Quadro 1: Aspectos da estrutura de análise proposta por Mortimer e Scott (2002).

Fonte: Mortimer e Scott (2002), p. 285.

Cada um desses aspectos da estrutura analítica proposta pelos autores é descrito de modo breve⁹ nas seções seguintes.

⁹ Maiores detalhes podem ser encontrados em “Meaning making in secondary science classrooms”; Mortimer e Scott (2003).

4.2.1 Intenções do professor

Conforme Mortimer e Scott (2002), as intenções do professor correspondem às metas que norteiam a seleção e planejamento de atividades que são propostas aos estudantes e que produzem um roteiro que dirige uma espécie de ‘performance pública’ do professor no contexto social de sala de aula. Saliendam que o desenvolvimento do roteiro, denominado ‘estória científica’, é voltado para tornar disponível para os estudantes o ponto de vista da ciência. Entretanto, destacam que ao longo de uma sequência de ensino, as intenções variam e podem ser caracterizadas conforme mostrado no quadro abaixo.

Intenções do professor	Foco
Criando um problema	Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da ‘estória científica’.
Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre ideias e fenômenos.
Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social de sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias científicas ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade (Wood <i>et al.</i> , 1976) pelo uso dessas idéias.

Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da ‘estória científica’	Prover comentários sobre o desenrolar da ‘estória científica’, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.
--	---

Quadro 2: Intenções do professor no plano social de sala de aula.
Fonte: Mortimer e Scott (2002), p.286.

4.2.2 O conteúdo do discurso de sala de aula

Para examinar diferentes modos de abordagem aos conteúdos relacionados com a estória científica, os autores propõem a distinção entre descrição, explicação e generalização. Segundo Mortimer e Scott (2002), trata-se de uma caracterização fundamental na linguagem social da ciência escolar e foi disposta por eles da seguinte forma:

- **Descrição:** envolve enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes.
- **Explicação:** envolve importar algum modelo teórico ou mecanismo para se referir a um fenômeno ou sistema específico.
- **Generalização:** envolve elaborar descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.287).

Os autores propõem ainda uma distinção adicional ao caracterizar as descrições, explicações e generalizações como empíricas ou teóricas. Sobre isso eles destacam que

[...] descrições e explicações que se utilizam de referentes (constituintes ou propriedades de um sistema ou objeto) diretamente observáveis são caracterizadas como empíricas. Já as descrições e explicações que utilizam referentes não diretamente observáveis, mas que são criados por meio do discurso teórico das ciências, como no caso de modelos para a matéria, são caracterizadas como teóricas (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.287).

4.2.3 Abordagem Comunicativa

A abordagem comunicativa é direcionada para análise da condução do discurso do professor e alunos no plano social de sala de aula. Segundo Mortimer e Scott (2002), é uma estrutura que fornece a perspectiva de como o professor realiza as intervenções pedagógicas ao trabalhar as intenções e o conteúdo do ensino proporcionando diferentes padrões de interação. Nesse contexto, os autores consideram duas dimensões do discurso. A primeira refere-se ao par *dialógico/de autoridade*. Na postura dialógica, o professor considera os pontos de vista que são colocados pelos estudantes, enquanto que na postura de autoridade, o professor considera somente o que os estudantes dizem do ponto de vista da ciência. “Na prática qualquer interação provavelmente contém aspectos de ambas as funções, dialógica e de autoridade” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.287). Para eles, a escolha por uma dessas funções envolve a determinação de qual característica predomina no discurso naquele momento do processo de ensino.

A segunda dimensão do discurso é o par *interativo e não-interativo*. Quando a participação é de mais de uma pessoa o discurso é interativo, e é não-interativo quando ocorre a participação de apenas uma pessoa.

A partir dessas duas dimensões eles caracterizaram a comunicação entre professor e estudantes e também entre estudantes, interagindo em pequenos grupos, em quatro abordagens, conforme o quadro a seguir:

Interativa/ Dialógica	Professor e estudantes exploram ideias, formulam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.
Não-interativa/ Dialógica	Professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista destacando similaridades e diferenças.
Interativa/ De autoridade	Professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.
Não-interativa/ De autoridade	Professor apresenta um ponto de vista específico.

Quadro 3: Classes de abordagem comunicativa na sala de aula.

Fonte: Mortimer e Scott (2002), p.288.

4.2.4 Padrões de Interação

Segundo Mortimer e Scott (2002), outro aspecto da análise – padrões de interação – diz respeito aos momentos específicos da fala do professor e do estudante e que normalmente são representados pelas tríades: Iniciação¹⁰ - Resposta - Avaliação¹¹ (I-R-A) e Iniciação - Resposta - Feedback (I-R-F). Os autores ressaltam que podem ocorrer também interações que desencadeiam outras cadeias do tipo I - R - P - R - P... (P - indica uma ação discursiva do professor para promover um prosseguimento da fala do estudante) ou I - R - F - R - F (F - feedback oferecido pelo professor para que o estudante reelabore melhor sua fala).

4.2.5 As intervenções do professor

O quinto aspecto das interações em análise refere-se aos modos pelos quais o professor intervém para disponibilizar e desenvolver a ‘estória científica’ no plano social de sala de aula. Trata-se de um aspecto que se fundamenta no esquema proposto por Scott (1998) *apud* Mortimer e Scott (2002), no qual seis formas de intervenção pedagógica foram relacionadas especificando o foco e as ações do professor, conforme descrito no quadro a seguir:

Intervenção do professor	Foco	Ação - o professor:
1. Dando forma aos significados	Explorar as idéias dos estudantes Trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica	- introduz um termo novo; parafrasea uma resposta do estudante; mostra a diferença entre dois significados.
2. Selecionando significados		- considera a resposta do estudante na sua fala; ignora a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves		- repete um enunciado; pede ao estudante que repita um enunciado;

¹⁰ Geralmente ocorre através de uma pergunta do professor.

¹¹ O professor avalia se a resposta está de acordo ou não com o esperado.

		estabelece uma sequência I-R-A com um estudante para confirmar uma ideia; usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. Compartilhando significados	Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe	- repete a ideia de um estudante para toda a classe; pede a um estudante que repita um enunciado para a classe; compartilha resultados dos diferentes grupos com toda a classe; pede aos estudantes que organizem suas idéias ou dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. Checando o entendimento dos estudantes	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas	- pede a um estudante que explique melhor sua idéia; solicita aos estudantes que escrevam suas explicações; verifica se há consenso da classe sobre determinados significados.
6. Revendo o progresso da 'estória científica'	Recapitular e antecipar significados	- sintetiza os resultados de um experimento particular; recapitula as atividades de uma aula anterior; revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

Quadro 4: Intervenções do professor.
Fonte: Mortimer e Scott (2002), p.289.

No capítulo seguinte, apresentamos a análise e a interpretação dos dados obtidos em relação aos processos interativos investigados no ambiente social de sala de aula de Física, entre professor e alunos, bem como entre alunos, mediados pelo uso de atividades experimentais de demonstração.

5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Apesar dos obstáculos encontrados, dentre eles a grande quantidade de alunos que se pretende observar interagindo em sala de aula e a dificuldade de encontrar um instrumento ideal de coleta de dados capaz de atingir a todos e a cada um simultaneamente, nos diferentes momentos e nas mais diversas aulas (MONTEIRO, 2006), procuramos realizar a análise dos episódios utilizando uma abordagem qualitativa e interpretativa.

Nesse sentido, tivemos a preocupação de situar o contexto no qual as palavras foram ditas e de seguir “o fluxo do discurso, considerando que as contribuições e intenções dos participantes devem ser situadas no âmbito de uma construção coletiva de significados, que transforma os enunciados de partida e possibilita novas construções pessoais” (AGUIAR; MORTIMER, 2005, p.186 -187).

Com relação à primeira aula da sequência de ensino, refere-se às mudanças de fase da matéria, começou com a leitura e interpretação de dois textos. O primeiro texto (anexo A) mencionava a explicação dos índios para a diferença entre o cozimento com uma panela nos vales e, em condições idênticas, no alto de uma montanha. Já o segundo texto (anexo B), retirado do livro didático de Física, adotado pela escola, relatava a influência da pressão na temperatura de fusão e na temperatura de ebulição de algumas substâncias, dentre elas a água e o chumbo.

Trata-se de uma atividade que teve como objetivo sondar o universo dos conhecimentos espontâneos que os alunos dispunham sobre grandezas tais como calor, temperatura, volume e pressão, estudados em unidades anteriores. Foi aplicada, também, no sentido de auxiliar na configuração de propostas e ações, surgidas a partir de uma reflexão inicial sobre as mudanças de fase da matéria ocasionadas pelos efeitos da pressão.

5.1 Episódio de ensino/aprendizagem 1

O primeiro episódio analisado foi selecionado por sua relevância no desenvolvimento da sequência de ensino e, também, por acreditarmos que seja adequado para explicitar a produção de significados que emergem a partir do uso de atividades experimentais compartilhadas. Trata-se de um episódio que ocorreu

nessa aula, após a professora realizar a demonstração de um experimento que tinha como objetivo mostrar que a temperatura de ebulição da água depende também da pressão.

Após ter coletado, com uma seringa comum de injeção, água quente, a professora tampou o bico da seringa com o dedo para impedir a entrada de ar e, ao puxar o êmbolo até a extremidade da seringa, procurou mostrar para os alunos, passando de carteira em carteira, que a água entrou em ebulição.



Figura 1. Professora demonstrando a experiência da seringa

Salientamos que optamos por dividir o episódio em duas partes. Na primeira parte, os alunos emitem opiniões a respeito da interpretação que estão fazendo sobre o que ocasionou a ebulição da água dentro da seringa. Enquanto que na segunda parte, eles extrapolam as descrições do experimento.

1ª Parte: Interpretando a ebulição da água a uma temperatura inferior a 100°C

A professora começou o episódio instigando os alunos a descreverem os procedimentos do experimento e a externarem livremente suas ideias sobre o que fez a água entrar em ebulição.

1. Professora: Vamos ver se vocês entenderam quais foram os procedimentos. Quais foram?

2. Marta: Esquentou água, não ferveu não. Colocou dentro da seringa e puxou com o dedo.
3. Paloma: Aí aumentou a pressão e a água entrou em ebulição.
4. Professora: Foi isso mesmo que aconteceu?
5. Alunos: Foi.
6. Professora: O que isso tem haver com que nós estamos estudando? *[a professora dá um tempo e os alunos discutem entre si]*
7. Paloma: Quando tampou a panela a água entrou em ebulição. *[referindo-se aos textos anteriormente trabalhados]*
8. Professora: E na experiência o que foi que eu fiz?
9. Paloma: Quando puxou assim *[gesticulando com as mãos]*. Num aumentou a pressão? Daí a temperatura de ebulição também aumentou.
10. Professora: Foi isso?
11. Luiz: Quando a pressão diminuiu, aí o ponto de ebulição da água diminuiu também. Por isso a água entrou em ebulição dentro da seringa.
12. Professora: Luiz acha que quando eu fiz isso ó, diminuiu a pressão. *[refaz a experiência]* O que aconteceu com a temperatura?
13. Luiz: O ponto de ebulição da água diminuiu. Diminuiu não, aumentou. *[mostrou-se bastante indeciso]*
14. Professora: Então, quer dizer que quando a pressão diminui a temperatura de ebulição aumenta? *[dirigindo-se pra toda a turma]*
15. Paloma: Num aumentou a pressão? Ou não?
16. Professora: Aumentou ou não aumentou? *[dirigindo-se a turma que se encontra discutindo o problema]*
17. Paloma: Aumentou ou diminuiu professora? Diga logo!
18. Professora: É isso que eu quero que vocês observem e a gente discuta.
19. Paloma: Oh Andrei! Aumentou ou diminuiu?
20. Professora: Não! O que é que Paloma acha?
21. Paloma: Eu acho que aumentou a pressão e a água entrou em ebulição.
22. Andrei: Quando puxou assim, a pressão não aumentou. Diminuiu.
23. Professora: Vocês estão observando o que aqui? *[repete os procedimentos do experimento de modo que fique claro para todos os alunos]*
24. Alunos: Bolhas.
25. Professora: E essas bolhas é uma evidência de quê?

26. Luiz: Que diminuiu a pressão e a água entrou em ebulição. Entendo assim.
27. Professora: Olha aqui! Tem ar misturado com a água? [*referindo-se a água que estava dentro do béquer*]
28. Alunos: Tem.
29. Professora: Mas não tem bolhinhas. As bolhinhas só apareceram quando eu coletei a água e puxei o êmbolo.

Ao questionar os alunos sobre o funcionamento do experimento, turno 1, o que levou a aluna Marta, turno 2, a demonstrar ter compreendido os procedimentos realizados, a professora revelou sua preocupação em assegurar que os alunos estejam atentos, apoiados em referências empíricas, e encaminhá-los ao objetivo da atividade.

Nos turnos 4, 6 e 8 a professora buscou identificar concepções espontâneas ou explicações prévias por parte dos alunos, objetivando, assim, estabelecer uma definição de situação¹² de forma mais precisa e orientar a sua observação com maior eficiência. A percepção pelo professor dos sentidos que transitam em sala de aula, por sua vez, depende das oportunidades oferecidas para que os alunos se manifestem e da atenção do professor às mesmas. A interação verbal, entre alunos e entre professor e alunos, tem sido tomada como indicadora dessas elaborações envolvidas na construção do conhecimento (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Paloma, turnos 3 e 9, procura descrever por que a água entra em ebulição dentro da seringa. Divergindo das colocações de Paloma, Luiz, turno 11, demonstra entender que a diminuição de pressão ocasiona uma redução na temperatura de ebulição da água. Ao acolher as ideias dos alunos, turno 4, a professora desencadeia outras perguntas, turnos 6 e 8. A atitude da professora, ao elucidar as questões levantadas pelos alunos e as devolver em forma de pergunta para serem analisadas pelos demais colegas, evidencia sua preocupação em ouvir o que os alunos têm a dizer e aproveitar suas falas para estabelecer uma relação dialógica. Seus procedimentos nos turnos 12 e 14 são exemplos disso.

¹² Forma como cada um dos participantes entende a tarefa que, dentro do contexto da interação, deve ser a mesma. Maiores detalhes podem ser encontrados em “Estudo dos processos interativos em aulas de Física: uma abordagem segundo a teoria de Vigotski”; Monteiro (2006, p. 54).

Assim como a maioria dos alunos, turno 5, Paloma, mostrou dificuldade conceitual quanto à grandeza pressão. Ela não havia percebido que ao puxar o êmbolo, a pressão no interior da seringa seria reduzida. Este fato foi detectado, pela professora, na aula seguinte, em que os alunos reunidos em pequenos grupos, debatiam sobre possíveis respostas de um exercício, contido no livro didático, relacionado ao conteúdo que estava sendo trabalhado.

As respostas dadas por Paloma são baseadas, de certa forma, em conhecimento espontâneo e não em conhecimento científico. Mesmo com a análise do conteúdo dos textos, que antecederam a demonstração do experimento, que relaciona temperatura e pressão, ela mostrou-se equivocada, por entender que a água entrará em ebulição sempre a elevadas temperaturas. Supomos que esse fato, presente em sua estrutura cognitiva, é ocasionado por situações observadas em seu cotidiano, em que a ebulição da água ocorre a elevadas temperaturas. Um exemplo disso é a panela de pressão. Por se tratar de um recipiente “tampado” (fechado), turno 7, provoca o aumento da pressão, implicando na elevação da temperatura de ebulição da água.

Após observar Paloma re-enunciar seu ponto de vista sobre o que fez a água entrar em ebulição dentro da seringa, turno 21, e ser contestada por Andrei, turno 22, a professora resolve repetir a demonstração do experimento e dar continuidade as discussões, turno 23. O propósito da professora é no sentido de promover novas questões, no intuito de auxiliar os alunos a organizarem suas ideias. Através de um discurso elicitativo, ela aproveita a resposta obtida, turno 24, para desencadear outras perguntas, turnos 25 e 27, implicando numa resposta de Luiz, que se mostra convicto de sua concepção, turno 26, e de respostas de iniciativas coletivas, tornando evidente que a turma está interessada na solução do problema, turnos 24 e 28.

Dessa forma fica claro que a intenção da professora é criar condições para que os alunos continuem participando das discussões, posicionem-se de forma crítica e autônoma ao desenvolver a capacidade de pensar, problematizar e levantar hipóteses. Ela recorre, novamente, ao experimento demonstrativo como forma de motivar os alunos para o aprendizado, além de auxiliar nas relações com outras situações do seu cotidiano.

Com exceção dos turnos 18 e 29, todas às vezes a professora se pronunciou fazendo perguntas aos alunos. Ao explorar as ideias dos estudantes, as perguntas podem funcionar como recursos que ajudam a desvendar concepções dos alunos, buscando fazer com que eles expliquem melhor seu ponto de vista, (AGUIAR; MORTIMER, 2006).

Outro aspecto que vale salientar, detectado nesse episódio de ensino/aprendizagem, é o tempo de espera dado, aos alunos pela professora, com a intenção de incentivar os alunos a refletirem mais sobre a pergunta, expressar suas respostas ou despertar para novas perguntas. Em algumas ocasiões, o aluno, ansioso pela resposta direta e clara da professora, mostra-se impaciente, turno 17, ou recorre a um colega, turno 19.

Nessa primeira parte do episódio, a professora procurou envolver os alunos, intelectual e emocionalmente no estudo sobre “mudanças de fase da matéria”, ao inserir um experimento que tinha como objetivo tornar evidente qual a proposta da demonstração e quais os recursos conceituais que nela estariam envolvidos. Conforme citado anteriormente, pretendia mostrar a influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água.

Verificamos que o conteúdo do discurso foi focalizado na descrição sobre as causas do fenômeno, pois a professora buscou incentivar os alunos a emitirem suas opiniões, mesmo que às vezes equivocadas, sobre o que fez a água entrar em ebulição dentro da seringa. Assim, ela teve a oportunidade de elicitare e explorar as visões e entendimentos dos alunos sobre ideias e fenômenos específicos (MORTIMER; SCOTT, 2002). De acordo com os princípios vygotskyianos, dessa forma, puderam-se identificar os níveis de desenvolvimento real e potencial do aluno, e assim guiá-lo ao seu nível máximo de desenvolvimento cognitivo.

A atitude da professora em promover o debate livre no ambiente social de sala de aula, em que as ideias dos alunos são acolhidas e, em seguida, dispostas para discussões com o restante da turma, torna evidente que suas intenções estão direcionadas no sentido de verificar o entendimento dos alunos, a partir de uma abordagem comunicativa interativa e predominantemente dialógica. Conforme os enunciados dos alunos, fica claro que eles usaram seus conhecimentos cotidianos ou espontâneos (VYGOTSKY, 2009), na tentativa de obter respostas para a atividade sugerida.

As questões levantadas pelos alunos conduziram a professora a manter a narrativa entre eles. Ela formula novas perguntas, obrigando-os a reformular seus enunciados e a tornar explícitas suas ideias. Entendemos que, dessa forma, foi posto em ação um padrão de interação em que ela agiu fornecendo *feedback* (-F-), solicitando uma elaboração adicional de forma que o aluno desenvolva seu ponto de vista, o que resultou em cadeias de interações do tipo I-R-F-R-F..., (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Vale destacar que, apesar da professora ter evitado antecipar o resultado do experimento, facilitando assim o envolvimento de um número maior de alunos nas discussões, verifica-se um intenso envolvimento emocional de dois alunos, explicitando suas opiniões. Mediados pela professora, eles debateram entre os turnos 6 e 21, diante dos colegas que demonstraram estarem atentos, ao participarem ativamente, dando continuidade às discussões, elaborando diferentes hipóteses e apresentando dados a favor e contra as mesmas, conforme mencionado, a seguir.

2ª Parte: Extrapolando as descrições do experimento

Nessa segunda parte do episódio, constatamos uma mudança na postura dos alunos, pois tiveram a iniciativa de extrapolar as descrições do experimento. Acreditamos que este comportamento tenha sido motivado pela forma como foi inserida a atividade prática, mencionada anteriormente. Com um objetivo claro e definido, ela proporcionou um envolvimento dos alunos na busca pela resolução de um problema.

30. Laura: Isso acontece com a água “fria”? *[a pergunta tem um tom de admiração]*
31. Professora: Será que acontece com a água fria? O que vocês acham? Quem quer vir fazer? *[alunos discutem o problema]*
32. Laura: Deixa eu fazer aqui!
33. Professora: Laura está curiosa pra saber se ocorre com água fria ou não. *[a professora dirige-se a Laura e entrega a seringa com água à temperatura ambiente]*

34. Laura: Não. Não ferveu! *[após realizar a experiência sob a expectativa do restante da turma]*
35. Alunos: Risos. *[muita conversa entre os alunos sobre o assunto]*
36. Professora: O que isso indica pessoal?
37. Sara: Que a água tem que estar a uma certa temperatura para surgir as bolhinhas.
38. Paloma: Se não tem a influência do calor, quando diminuiu a pressão a temperatura continuou a mesma.
39. Professora: Quer dizer que a água neste estado natural não tem calor?
40. Paloma: Ela tem calor específico. Mais eu acho que o calor não aumenta.
41. Nilton: Ela pode ter aumentado a temperatura, mas não é o suficiente para ela entrar em ebulição.
42. Professora: Alguém mais observou alguma coisa ou quer vir fazer o tira teima?
43. Laura: Oh professora! Coloca a seringa, sem botar o dedo, com água quente para cima, aí puxa.
44. Professora: Você verifique. *[dirige-se a Laura e entrega a seringa com água quente]*
45. Laura: Não vai acontecer nada. Tá vendo? *[a aluna realiza tal procedimento e constata que a água não entrou em ebulição]*
46. Professora: O que vocês observaram?
47. Laura: Nada. Normal.
48. Nilton: É. A pressão não mudou.
49. Marta: Porque quando ela puxou entrou o vento. Não fez de novo as bolhinhas.
50. Sara: Professora como é o nome daquele negócio que tira o leite do peito da mulher quando a criança não está conseguindo pegar. Num é a mesma coisa da pressão na seringa?
51. Professora: O sugador. Alguém sabe como é que ele funciona?
52. Paloma: É como uma bombinha. Mas eu acho que a temperatura num muda não.
53. Professora: Não. Mas ela está só relacionando a pressão.
54. Sara: Da vaca é do mesmo jeito. Num tem aquele negócio pra tirar o leite.
55. Professora: E vocês aí o que têm a dizer?

56. Luiz: Com relação a quê?
57. Professora: Com relação ao experimento?
58. Luiz: Eu tenho uma pergunta: Se dentro da seringa colocasse a água quente e gelo e puxasse. O gelo ia derreter mais rápido? *[alunos ficaram inquietos, demonstrando não entender a pergunta do colega]*
59. Professora: Por favor! Repita Luiz.
60. Luiz: Eu quero saber se o gelo dentro da seringa com água quente derrete mais rápido com pressão ou sem pressão?
61. Professora: O que vocês acham?
62. Paloma: Com pressão. Por que quando a pessoa bota o gelo na mão, num instante ele derrete. *[simulando que tem uma pedra de gelo, fecha a mão]*
63. Professora: Sim! Mas por que isso acontece?
64. Paloma: Porque quando fecha a mão a pressão faz com que a temperatura também diminua. Aí, o gelo derrete mais rápido.
65. Professora: Vocês concordam com a colocação de Paloma?
66. Alunos: Ah, hã!

A primeira intervenção da professora, nessa segunda parte do episódio, ocorre após uma generalização empírica, ocasionada por uma questão levantada por Laura (turno 30 – iniciação do aluno). Com entonação, a professora compartilha a indagação com o restante da turma e aproveita a oportunidade para sugerir que a aluna realize a atividade, turno 31. No turno 32, a aluna mostrou-se motivada para encontrar respostas a partir da própria ação. Nesse momento, os demais alunos ficaram atentos para verificar o que iria acontecer. Conforme o enunciado da aluna, turno 34, foi constatado que a água não ferveu.

Entendemos que o propósito da professora foi no sentido de incentivar a aluna a buscar a confirmação de sua hipótese por meio do manejo do experimento. Tal procedimento poderá contribuir para que os alunos despertem para a “veracidade” da prática, dos resultados obtidos, assim como, as limitações do instrumento, questionado em momentos posteriores.

No turno 36, a professora levou os alunos a entenderem que, somente em condições especiais a água entra em ebulição sem alterar a temperatura. Isso ficou evidente na conclusão de Sara, turno 37.

A professora possibilitou que a aluna tivesse contato com o material do experimento e passasse a agir sobre ele, novamente, turno 44. Fica clara, então, sua intenção de fazer com que os alunos coloquem em prática suas ideias, turno, 42. Tornam-se aqui relevantes as palavras de Coelho *et al.*, (2008, p.18):

A própria ação é, então, fonte de conhecimento. Ao realizar os experimentos e fazê-los funcionar, o conhecimento é aplicado numa situação real, favorecendo uma contextualização dos conceitos e uma efetiva aprendizagem. Essas situações permitem que se estabeleça uma relação entre o mundo simbólico e conceitual e o referencial empírico, sinalizando como o experimento pode ser importante na construção do conhecimento.

Ao constatar o resultado obtido pela aluna, a professora, atendendo a uma necessidade do problema, que é a influência do ar, faz uma pergunta direta, turno 46. Sua intenção está, também, no sentido de dar prosseguimento ao fluxo do discurso, buscando, assim, identificar a opinião dos alunos que se mostraram atentos durante a ação da colega. Nos turnos 47, 48 e 49 verifica-se uma cadeia interativa em que um deles complementa a ideia do outro, demonstrando assim o interesse dos alunos.

A seguir, turno 50, o discurso tende a tomar outro rumo no momento em que a aluna Sara, introduz uma pergunta que não está relacionada com o objetivo que se pretende atingir com a demonstração do experimento. O que teria levado a aluna, naquele momento, a relacionar o sugador de leite materno com a pressão na seringa? Supomos que essa generalização empírica foi evocada a partir da variação de pressão ocorrida na seringa.

Paloma, turno 52, ao expor seu ponto de vista, tentando responder a questão levantada pela colega, mostra ainda desconhecer que, ao reduzir a pressão, a água entrará em ebulição a uma temperatura menor. Ou seja, ela não percebe que, assim como o leite, a água dentro da seringa tem seu estado térmico praticamente inalterado.

No turno 57, verifica-se a postura de autoridade da professora, ao realizar uma abordagem solicitando que os alunos voltem a discutir sobre o experimento. É uma atitude inteligível, uma vez que sua intenção foi de retornar ao objetivo da aula.

Uma característica interessante desse episódio, que mostra o potencial das atividades experimentais como estratégia de ensino que proporciona interesse, engajamento e desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, é a participação dos alunos realizando perguntas que extrapolaram as descrições do fenômeno, turnos 30, 43, 50 e 58. Já no turno 62, a aluna extrapola utilizando outra situação para tentar explicar a pergunta do colega. Por outro lado, a professora acata as perguntas e as socializa com a turma. Os turnos 31, 61 e 63 revelam isso.

O que não nos surpreende devido à forma como a professora vem conduzindo a aula. Na resposta à pergunta 19, na entrevista que ela nos concedeu, ressaltou que as atividades experimentais “devem ser planejadas de modo a garantir a construção do conhecimento pelo aluno e a desenvolver sua curiosidade e hábito de sempre questionar”. Ela valoriza o questionamento por parte dos alunos, motivando-os a manifestarem suas ideias com liberdade, proporcionando oportunidades para investigarem questões de seu interesse durante o desenvolvimento das atividades experimentais. Os turnos 31, 42, 51 e 63 é uma prova disso. Para participar da construção da Ciência, o aluno deve “ter a possibilidade de debater a validação do experimento e dos resultados experimentais” (SÉRÉ *et al.*, 2003, p.40).

Salientamos que, no intuito de evitarmos interpretações equivocadas, de nossa parte, a respeito de termos ou expressões pronunciadas em sala de aula, pela professora ou por algum aluno, sempre que julgávamos necessário, recorríamos ao autor do enunciado, para tirarmos nossa dúvida. Conforme citamos anteriormente, tivemos a preocupação de situar o contexto no qual as palavras foram ditas. Uma prova disso ocorreu quando a professora perguntou se a água no seu estado natural não possuía calor, turno 39. Dando a entender que há possibilidade do calor ser uma grandeza que pode estar contida nos corpos. Ela nos informou, posteriormente, que sua intenção foi de eliciar a idéia da aluna, turno 38, aproveitando o ensejo para perguntar se a água naquelas condições “*não tem a influencia do calor*”.

Entendemos que esse fato despertou Paloma a mencionar a grandeza física calor específico, turno 40. Contudo, ela foi empregada numa concepção diferente daquela cientificamente aceita, estando mais próxima do senso comum. Ao

consultar, posteriormente, a aluna, ela nos declarou que entende por calor¹³, “uma energia que está sendo trocada entre os corpos”. Já calor específico¹⁴ para ela é “um calor que está armazenado no corpo”. Supomos que a professora não agiu, no sentido de questionar essa concepção equivocada, temendo que o diálogo tomasse outro rumo.

Conforme a lógica de conhecimento espontâneo que informa o ponto de vista de Paloma, turno 38, nos faz entender que se trata de um raciocínio que encontra suporte em outras premissas de senso comum tais como a ideia de que para a temperatura mudar, é imprescindível a influência do calor, apesar da diminuição da pressão. É uma lógica que contraria a ideia científica de que a redução da pressão acarreta uma redução na temperatura de ebulição da água.

Com relação à ocorrência de negociação de significados entendemos que ficou evidente, nesse episódio, proporcionado pela iniciativa da professora ao permitir momentos interativos entre os protagonistas do processo ensino-aprendizagem. Foram propostos situações-problema diante das necessidades que emergiram e foram estimuladas durante a aula, por meio de objetivos claros e definidos, motivando os alunos e levando-os à reflexão e ao desenvolvimento do pensamento generalizante (VYGOTSKY, 2009).

As intenções da professora estão no sentido de disponibilizar comentários sobre o progresso realizado até o momento e, também, dar apoio aos alunos para que eles, ao extrapolarem as descrições do experimento, testem possibilidades e produzam significados individuais, internalizando ideias. A perspectiva é de que os alunos avancem na explicação sobre o fenômeno.

¹³ Calor é sempre uma energia em trânsito que ocorre em virtude de uma diferença de temperatura. Não existe nenhuma “variação ou quantidade de calor contida em um corpo”. O termo calor específico não é muito apropriado porque ele pode sugerir a ideia errada de que um corpo possui calor. Maiores detalhes, ver: Física II, Termodinâmica e Ondas; Young & Freedman (2003, p.113).

¹⁴ Usamos o símbolo Q para quantidade de calor. Quando associada com uma diferença de temperatura infinitesimal dT, chamamos essa quantidade de dQ. Verifica-se que a quantidade de calor Q para elevar a temperatura da massa m de um material de T₁ até T₂ é aproximadamente proporcional à diferença de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$. Ela é também proporcional a massa m. Podemos escrever $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. (calor para mudar a temperatura de um corpo de massa m), ao usarmos as relações mencionadas. Daí, $dQ = m \cdot c \cdot dT$ ou $c = dQ / m \cdot dT$ em que a grandeza c, que possui valores diferentes para cada tipo de material, é denominada calor específico do material ou capacidade calorífica específica. Maiores detalhes, ver: Física II, Termodinâmica e Ondas; Young & Freedman (2003, p.113).

Verificamos também que, numa abordagem comunicativa interativa dialógica, a professora, estrutura sua fala a partir das ideias dos alunos e encaminha-os por meio de perguntas. Nesse sentido, ela realizou intervenções no intuito de identificar os significados que os alunos possuem de situações específicas durante a atividade. Observamos que ela priorizou o diálogo, estimulou e buscou a manifestação dos alunos (GASPAR *et al.* 2004). Interpretamos que, ao optar por um padrão de interação *I-R-F* (Iniciação do professor, Resposta do aluno, *Feedback*), ela teve como propósito facilitar a exposição, compartilhamento e organização de dados fundamentais para resolução do problema.

Assumindo tal comportamento, a professora pode verificar os níveis de desenvolvimento real e potencial do aluno. Provavelmente, é possível observar o movimento que as funções psíquicas superiores estão realizando e identificar como orientá-lo para que a aprendizagem seja internalizada, completando o processo do interpessoal para o intrapessoal (VYGOTSKY, 2008).

Ao final da aula, ela atribuiu aos alunos a responsabilidade do planejamento, elaboração e apresentação de atividades experimentais, a serem desenvolvidas na terceira aula da sequência de ensino. Nesse sentido, foi facultada aos alunos a iniciativa de se organizarem em grupos, escolherem o experimento que de fato atenda às suas necessidades, interesses e expectativas. Desde que seja compatível com o conteúdo que está sendo trabalhado. Entendemos que a intenção dela é no sentido de permitir o predomínio das ações dos alunos, com espaço aberto para discussões e construção de novas ideias, trabalho cooperativo e relações simétricas, conforme veremos a seguir nos episódios 2, 3 e 4.

5.2 Episódio de ensino/aprendizagem 2

Nesse episódio, os alunos do grupo A tinham como objetivo demonstrar para os colegas como identificar, aproximadamente, a pressão atmosférica e a altitude em um local, a partir da observação da temperatura de ebulição da água no local onde a experiência foi realizada e da consulta a uma tabela, exposta no quadro de giz. Para isso, eles colocaram um termômetro dentro da água em ebulição e após ocorrer o equilíbrio térmico, realizaram a leitura deste. Em seguida, compararam o valor encontrado com o valor da temperatura de ebulição mais próximo, presente na

tabela 13.3 (anexo B), que serviu de referência na identificação dos correspondentes valores da pressão atmosférica e da altitude, conforme foi descrito pelo aluno Nilton no início desse episódio.



Figura 2. Grupo A demonstrando como identificar a pressão atmosférica e altitude em um determinado local.

1. Nilton: ... É pra mostrar a altitude de nossa cidade. Por exemplo; Se estiver a 98°C , vai está a 72 cm Hg e a mais ou menos 500m de altitude. *[conforme informações contidas na tabela, 98°C e 72cm Hg, correspondem, respectivamente, ao ponto de ebulição da água e a altitude]*
2. Emerson: Se fosse fechada a temperatura seria a mesma?
3. Nilton: Fechada como assim?
4. Emerson: Fechada assim com serra ao redor.
5. Isabela: Cercada por serra ao redor, assim como Sumé, a pressão e a temperatura de ebulição seria a mesma?
6. Nilton: A temperatura de ebulição eu creio que sim. A pressão num vem assim. *[com o dedo indicador apontando para baixo]* Eu creio que não muda porque a pressão dos lados não influenciaria. A pressão num é exercida assim, de cima para baixo. Pressão né força sobre área. Eu creio que não influenciaria nem na pressão nem no ponto de ebulição da água. *[após refletir melhor sobre a pergunta, ele mudou de opinião]*
7. Professora: O que é que vocês acham? Será que aqui *[referindo-se a Serra Branca]* e em Sumé a pressão é a mesma? E a temperatura de ebulição?

8. Nilton: Se a altitude for a mesma, basicamente o ponto de ebulição é o mesmo.
9. Regina: Então, se fosse uma cidade alta assim como Teixeira ia demorar mais a ferver?
10. Nilton: Como é mais alta a pressão é menor. Então, o ponto de ebulição da água também diminui. Por exemplo: Os mineradores quando vão ferver água lá embaixo, como a pressão aumenta o ponto de ebulição também aumenta. Na panela de pressão, a pressão aumenta, o ponto de ebulição dela pode chegar a 120 °C.
11. Professora: Emerson tem um ponto de vista um pouco diferente. Fale homem! *[ele havia compartilhado seu ponto de vista apenas com duas colegas, ao lado, e com a professora que o encorajou a falar]*
12. Emerson: Eu acho que a temperatura lá em Sumé é maior que aqui.
13. Nilton: Lá é mais alto ou mais baixo que aqui?
14. Emerson: Mais baixo.
15. Nilton: Se lá é mais baixo, então a pressão lá será maior.
16. Andrei: É o mínimo de diferença. Não influencia tanto.
17. Regina: Se fosse fazer isso num lugar quente, aí ia ser mais rápido?
18. Nilton: Como assim?
19. Regina: Por exemplo, Patos é rodeada por montanhas. Tem a parte alta e a parte baixa. Se fosse fazer em baixo, no caso mais quente, ia ser mais rápido?
20. Nilton: Como eu já disse, como é mais baixa a pressão influencia, é maior.
21. Nara: Será que tem como vocês medirem a temperatura aqui e agora, e na próxima aula dizerem a temperatura de lá, ou vocês perguntam a alguém, se é mais alta, se ferve mais rápido. *[referindo-se a cidade de Sumé]*
22. Laura: Não sei se vocês contaram o tempo até que entre em ebulição. Mas ... se continuar fervendo num vai continuar aumentando? *[referindo-se a temperatura de ebulição da água]*
23. Nilton: Por exemplo, vamos dizer que aqui demorou quinze minutos pra entrar em ebulição a 100°C, ela não passa de 100°C.
24. Marta: Mas pra ver essa diferença num depende também da chama do fogo? *[referindo-se a sugestão de Laura, turno 22]*

25. Nilton: Bom! Quando a chama é menor, a velocidade dos vapores é que diminui.

O desencadeamento do processo interativo teve início mesmo antes de ser realizada a atividade experimental. Os alunos do grupo A, enquanto aguardavam que a água entrasse em ebulição, promoveram uma discussão prévia, com o restante da turma, com o propósito de tornar clara qual a proposta da demonstração e a finalidade da tabela, exposta no quadro de giz, turno 1. Tal procedimento permite identificar a definição de situação do aluno, em relação à demonstração a ser apresentada, possibilita reformular expectativas e contribui para que um maior número de participantes da interação observe os mesmos fenômenos e procure dar respostas e explicações para as mesmas perguntas (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Entretanto, a questão levantada por Emerson, turno 2 e 4, e parafraseada por Isabela, turno 5, extrapolaram o contexto do experimento. Foram indagações baseadas em vivências cotidianas desses alunos. As atitudes desses alunos fizeram sentido para o aluno Nilton, um dos membros do grupo A, responsável pela apresentação da atividade experimental, motivando-o a tomar a iniciativa de responder aos colegas, turno 6. Utilizando um discurso de autoridade e apoiado numa descrição teórica, ele mencionou que a ebulição da água dependerá da pressão que o ar da atmosfera exerce sobre a superfície da água. Destacou que a pressão, vertical e dirigida para baixo, ao qual ele se refere, é que influencia na ebulição da água¹⁵. Para que os colegas compreendam melhor, recorreu ao conceito científico de pressão que, pode ser definida como a razão entre força e área.

Com uma abordagem comunicativa interativa dialógica a professora procura explorar as ideias dos alunos, buscando dar forma aos significados, provocando, mediante *feedback*, turno 7, as (re)elaborações dos significados construídos pelos alunos.

É possível verificar que, ao se utilizar uma abordagem comunicativa dialógica, promovendo discussões sobre o que se busca e atribuindo-se aos alunos a condução da atividade, reduzindo-se em parte a diretividade do professor, surgem,

¹⁵ Quando a água passa do estado líquido para o vapor seu volume aumenta, e a pressão dificulta a vaporização. Reduzindo-se a pressão essa passagem é facilitada. Logo, à medida que aumenta a altitude do local, menor será a temperatura de ebulição da água, pois se reduz a camada de ar que se encontra sobre a sua superfície.

também, questões inesperadas que contribuem para uma interação enriquecedora. Um exemplo foi a iniciativa de Regina, demonstrando estar atenta ao problema e às questões que ecoam na sala de aula, ao introduzir um elemento novo na discussão: a variável tempo. Ela voltou-se para Nilton e indagou se a água submetida a uma menor pressão, demora mais tempo para entrar em ebulição, turno 9.

Focado na relação entre pressão e temperatura de ebulição da água e buscando tornar possível a compreensão por parte dos colegas, Nilton, turno 10, apresentou uma explicação fundamentada em uma generalização empírica apoiada em dois exemplos que mencionam a alta temperatura de ebulição da água ocasionada pela elevada pressão. Um exemplo emergente de uma experiência cotidiana, água fervendo na panela de pressão e outro, referente à água, colocada pelos mineradores, em recipientes abertos, para ser fervida em um local abaixo do nível do mar, onde a pressão atmosférica é maior que 1 atm. Porém, não respondeu a pergunta da colega. Tal atitude é compreensível, sobretudo se considerarmos que não se trata de uma pergunta simples, nem faz parte do cotidiano do aluno, saber que a água entra em ebulição mais rápido em locais em que a pressão atmosférica é menor. Uma possível interpretação do comportamento de Nilton é que mesmo não atendendo a indagação da colega, ele apresentou um discurso com características híbridas, isto é, com elementos dos gêneros cotidiano, didático e científico.

Nos turnos 12 e 14, Emerson, mesmo demonstrando compreender que quanto maior a altitude menor é a temperatura de ebulição da água, expôs livremente informações equivocadas, ao afirmar que a cidade de Sumé-PB¹⁶ está a uma menor altitude que a cidade de Serra Branca-PB apesar da diferença de pressão e, conseqüentemente, da temperatura de ebulição da água ser a mínima possível, como afirma Andrei, turno 16, que mostra estar bem informado.

Insatisfeita por sua indagação não ter sido atendida, Regina, demonstrando atitude investigativa, reformula sua pergunta e acrescenta outro fator “quente”, turno 17. Nilton, turno 20, refraseia o que havia enunciado no turno 15. E, mais uma vez, evita comentar sobre o fator tempo, o que leva Nara, a sugerir que as discussões sejam postas em prática, turno 21, demonstrando a mesma atitude de insatisfação

¹⁶ Sumé-PB e Serra Branca-PB estão situadas, respectivamente, a 532 m e 493 m de altitude.

de Regina com o estado atual de conhecimentos e buscando encontrar uma resposta para o que estava sendo debatido naquele momento.

Diante dos fatos, a professora foi colocada numa situação difícil. Deveria ela intervir no sentido de procurar responder as perguntas das alunas, não respondidas pelo colega? Ou seria melhor prosseguir, apenas observando a interação entre alunos, buscando identificar os significados que estão sendo construídos em torno da atividade experimental? A escolha por essa segunda opção leva-nos a crer que ela o faz por julgar que, naquele momento, os alunos não têm as ferramentas conceituais necessárias para compreender as explicações concernentes à primeira situação em uma perspectiva científica. Ao contrário da grandeza altitude¹⁷, confundida com a grandeza altura¹⁸, em diversos turnos desse episódio de ensino, que por se tratarem de conceitos elementares, deveria ter sido aproveitada a ocasião para ser esclarecida a diferença entre ambas.

No turno 22, Laura além de manifestar o interesse em saber se a água entra em ebulição de forma mais rápida estando a uma altitude elevada, realiza uma pergunta, demonstrando desconhecer que durante a ebulição, apesar de se fornecer calor ao líquido, sua temperatura permanece constante, assim como o vapor que vai sendo formado. Trata-se de uma pergunta que deu oportunidade a Nilton de se expressar utilizando uma abordagem comunicativa interativa de autoridade, turno 23, com a intenção de atender a indagação da colega. Convém destacar que a voz de autoridade da ciência nem sempre é enunciada pelos professores, mas também pelos próprios alunos (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Quando o professor promove a participação do aluno, valorizando suas opiniões, incentivando-os a analisar enunciados dos seus pares e permite a confrontação de ideias, favorece o surgimento de dados fundamentais para à solução dos problemas. Foi o que ocorreu com Marta, que fez menção a outra variável, turno 24, influenciada pela fala de Nara, turno 21. Entendemos que Marta teve a preocupação de esclarecer que é necessário as fontes térmicas apresentarem intensidades iguais. Nilton, seguro de sua explicação e mais uma vez utilizando um discurso de autoridade, atende a indagação da colega, turno 25.

¹⁷ Altitude é a distância vertical medida entre um determinado ponto e o nível do mar.

¹⁸ Altura é a distância vertical entre um ponto e um plano de referência, que em geral é a superfície Terrestre.

Nesse episódio, interpretamos que, utilizando uma abordagem comunicativa interativa dialógica, a intenção da professora está direcionada em facilitar a mediação e ação dos alunos do grupo A, checar seus entendimentos e dos demais colegas com relação ao objetivo da atividade. Busca, também, instigar questionamentos e o trabalho cooperativo no contexto de sala de aula, que podem facilitar o entendimento e soluções de problemas que durante a aprendizagem individual não são possíveis.

Observamos que é pouca a participação discursiva da professora, apenas em dois dos vinte e cinco turnos de fala, as quais foram voltadas para provocar discussões e conduzir os alunos novamente ao debate. Constatamos também que poucos são os alunos que buscam na professora a resposta para suas indagações. Eles demonstraram estarem à vontade para participar da aula, em que predominou a interação entre alunos. Isso ficou evidente quando eles fizeram perguntas, a exemplo dos turnos 2, 5, 9, 17, 21, 22 e 24, teceram comentários a respeito das opiniões emitidas pelos colegas, turnos 12, 16 e 19 e nos momentos em que o aluno Nilton procurou responder aos colegas, numa abordagem interativa de autoridade, turnos 6, 10, 15 e 23.

5.3 Episódio de ensino/aprendizagem 3

Nesse episódio, os alunos dos grupos B e C, tinham como objetivo demonstrar que, para substâncias que se contraem na fusão, o aumento de pressão faz diminuir a temperatura de fusão¹⁹. Coincidentemente, os dois grupos optaram por apresentar a experiência do regelo (experiência de Tyndall). É uma atividade que consiste em mostrar que, ao passar sobre um bloco de gelo, em temperatura pouco inferior a 0°C, um fio fino, que mantém suspensos, em suas extremidades, dois corpos de pesos convenientes (Fig.3)²⁰ ou, se puxar de forma firme e lentamente as extremidades desse fio (Fig.4)²¹, o acréscimo de pressão, no contato fio-gelo, diminui a temperatura de fusão e produz derretimento do gelo sob o fio.

¹⁹ Em geral, para a maioria das substâncias, acontece o oposto, ou seja, com o aumento de pressão aumenta a temperatura de fusão, pois a substância no estado sólido necessita de mais energia para se tornar líquido, por isso ela tende a fundir-se a uma temperatura maior.

²⁰ Experimento apresentado pelos alunos do grupo B.

²¹ Experimento apresentado pelas alunas do grupo C.

Este se desloca através da água formada. Quando a pressão volta ao normal, o gelo se recompõe (regelo). Assim, o fio atravessa o gelo e este permanece íntegro.



Figura 3. Experiência de Tyndall realizada pelos alunos do grupo B.



Figura 4. Alunas do grupo C tentando realizar a experiência de Tyndall.

Isso posto, partimos agora para a análise dos turnos de mais um episódio de ensino/aprendizagem que se caracterizou por apresentar basicamente dois momentos. No primeiro momento, focada no experimento apresentado pelos alunos do grupo B, observamos um predomínio de discursos que revelam o interesse dos alunos em identificar a influência da temperatura e da pressão no processo. Já o segundo momento, que ocorreu após o grupo C apresentar seu experimento, os questionamentos foram voltados para a espessura e material do fio e, também, para situações do cotidiano em que se verifica o fenômeno revelado.

1. Loara: A temperatura ambiente influencia? *[referindo-se ao meio em que o fio se encontra. No caso o gelo]*
2. Ítalo: Dependendo da temperatura ia derreter mais rápido.
3. Isabela: Esses “pesos” que vocês estão usando influência em alguma coisa e por quê?
4. Mathias: Quanto mais pesado, vai aplicar mais força no gelo. Aí vai atravessar mais rápido.
5. Marta: E por que quando vai descendo não vai partindo o gelo?
6. Kelson: Porque vai esmagando os cristais de gelo. A água se junta de novo aí se cristaliza.

7. Laura: Isso acontece também porque vai partindo o gelo assim mais lento. Se fosse rápido não teria tempo de regenerar. *[aluna de outro grupo responde]*
8. Mikaelle: Se fosse num local mais quente ele teria mais dificuldade de se regenerar?
9. Mathias: Daqui que ele fosse se regenerar o gelo já estaria bem mais derretido.
10. Marta: Se, por exemplo, a temperatura ambiente estivesse mais fria não acontecia não, né? *[referindo-se ao fenômeno da fusão]*
11. Luiz: Pronto! Se tivesse desse jeito aí, dentro de um freezer. Nem o fio ia entrar no gelo, nem o gelo ia derreter nada.
12. Professora: Bem! Nós vamos aproveitar que essas meninas fizeram a mesma experiência. Vocês analisem pra ver qual a diferença entre as duas. *[referindo-se ao experimento do grupo "C", em que as alunas não obtiveram êxito]*
13. Nilton: A espessura do fio influencia em alguma coisa?
14. Mara: Sim, porque se fosse mais fino é mais fácil de passar.
15. Professora: Vocês estão percebendo a diferença? O fio deles é mais fino que o de vocês.
16. Tainá: É. Se fosse mais grosso, demoraria mais a atravessar.
17. Laura: Essa experiência de vocês, assim como todas as outras, acontece em alguma coisa normal do cotidiano?
18. Professora: Tem alguma coisa do cotidiano que se verifica esse princípio do regelo? *[alunos em silêncio]*
19. Luiz: Esse princípio do regelo não. Mas a espessura da coisa para cortar, acho que sim. Uma faca quanto mais fina ela vai cortar mais rápido. É a mesma coisa do fio.
20. Nara: O tipo do material de que é feito o fio influencia?
21. Mathias: Sim. Porque se fosse de pano ia ficar mais difícil.
22. Risos.
23. Nara: Mesmo os fios sendo fino, bem fininho, influencia em alguma coisa, se for linha²² ou aquele cobre, bem fininho?

²² Referindo-se a linha utilizada para costurar roupas. Geralmente é constituída por poliéster e/ou algodão.

24. Luiz: Se fosse assim, de um lado cobre e do outro alumínio não influencia em nada na velocidade, porque é fino do mesmo jeito.
25. Laura: Eu acho que a experiência humana não. Mas acontece no meio ambiente. As geleiras estão se derretendo porque a temperatura aumentou e elas não estão tendo esse tempo de se regenerar. É o que aconteceria ali se, por exemplo, eles colocassem um secador o fio desceria rápido e não tinha tempo do gelo se solidificar. No meio ambiente a temperatura não está permitindo que o gelo se solidifique novamente.

A questão levantada por Loara, no começo do episódio, parece ter sido causada por uma lacuna deixada pelos alunos do grupo B na ocasião em que apresentavam o objetivo da atividade experimental. Eles não mencionaram que o fenômeno ocorreu, também, devido ao bloco de gelo se encontrar a uma temperatura um pouco abaixo de 0°C . Ítalo, um dos membros do grupo, procura responder a indagação da colega, turno 2. Interpretamos que a resposta dada por ele não está de acordo com a ideia de que, se o gelo se encontrasse a uma temperatura baixíssima, a pressão proporcionada pelos corpos utilizados no experimento não seria capaz de provocar o derretimento do gelo sob o fio.

Dando indícios de interesse em compreender o experimento de demonstração e o assunto ao qual esse experimento se refere, Isabela, turno 3, realiza uma pergunta que é respondida, espontaneamente, por Mathias, membro do grupo B, turno 4. Já Kelson, turno 6, outro membro do grupo, procurou responder a pergunta de Marta, turno 5. Mesmo se expressando de forma vaga, interpretamos que ele teve a intenção de utilizar o conhecimento científico para explicar para a colega que a aplicação de pressão fez com que o gelo se derretesse. Os cristais simplesmente são esmagados pelo fio para que a fase líquida surja. Ao cessar a pressão, as moléculas de água voltam a cristalizar-se, pois sua temperatura ainda é inferior a 0°C .

Nas ocasiões em que estão sendo demonstradas atividades experimentais em sala de aula, normalmente, surgem perguntas direcionadas para aqueles que apresentam as atividades. Caso seja capaz de despertar o interesse dos alunos, é comum, também, emergir uma sequência de outras perguntas, formuladas por eles e, na medida do possível, serem igualmente respondidas. Todavia, isso não ocorreu

com a aluna Laura, turno 7. Em lugar de uma nova indagação, ela apresenta um comentário adicional, possivelmente influenciada pelo conhecimento espontâneo que lhe dá garantia de que a solidificação, na maioria das vezes, é um processo lento.

Os enunciados de Mikaelle, turno 8, e Mathias, turno 9, revelam a necessidade de uma melhor compreensão, por parte desses alunos, a respeito da influência da temperatura sobre o gelo em duas situações distintas. Uma situação está relacionada à temperatura ambiente em que a pedra de gelo se encontra. A temperatura só interfere no processo caso seja muito elevada, implicando no derretimento gradual da superfície do gelo, inclusive no local em que o fio está atuando, impedindo assim que ocorra o fenômeno do regelo. A outra situação refere-se à temperatura interna do gelo que, por se encontrar abaixo de 0°C , não interfere no processo de solidificação deste.

Já Marta, turno 10, levanta uma hipótese, que parece ter sido evocada pela fala de Mikaelle, turno 8, e então procura checar seu entendimento com os demais colegas. O enunciado revela que Marta não compreendeu a resposta dada por Kelson, turno 6, a uma pergunta realizada por ela, turno 5. O raciocínio de Marta, assim, como o de Luiz, turno 11, que tratou de explicitar e concordar com a colega, só é correto se o interior do freezer se encontrar a uma temperatura baixíssima, provocando uma redução brusca na temperatura do gelo, impedindo que a pressão provoque sua fusão. Conforme as condições do experimento, é necessário que o gelo esteja um pouco abaixo de 0°C . Julgamos que as colocações dos alunos entre os turnos 8 e 11 são oportunas pois reforçam a ideia de que é fundamental discernir a influência da temperatura do meio em que o gelo se encontra com a temperatura interna deste.

Na sequência, a professora, turno 12, realiza sua primeira abordagem desse episódio de ensino, ao sugerir que os alunos estabeleçam a relação entre os experimentos dos grupos B e C. Entendemos que ela teve a preocupação de promover discussões, a partir da interação entre os alunos e os experimentos, no intuito de favorecer uma melhor compreensão dos resultados obtidos.

O aluno Nilton, turno 13, introduz uma nova entidade, a espessura. Demonstrando assim a necessidade de uma melhor compreensão sobre uma

variável fundamental para o entendimento do fenômeno, a pressão. Mara, turno 14, integrante do grupo C, resolveu respondê-lo fazendo uso de seus conhecimentos espontâneos. Provavelmente, por se tratar de alunos do ensino médio, já tiveram a oportunidade de saber que: quanto menor a espessura do fio, menor será a superfície de contato, conseqüentemente, maior será a pressão. Entendemos que a professora deveria ter aproveitado a oportunidade para investigar qual o entendimento dos alunos com relação ao conceito científico de pressão. Mas, ao acolher o enunciado da aluna, ela procurou chamar atenção dos membros dos grupos C para verificarem a diferença de espessura entre os fios utilizados, turno 15. Em seguida, Tainá, turno 16, usou a ocasião para dar continuidade ao questionamento da colega.

Manifestando determinação e perseverança para entender o significado do que está sendo estudado, Laura, turno 17, mostra interesse em vincular os conteúdos abordados, em torno dos experimentos, com situações vivenciadas no cotidiano. Sua indagação revela a importância de se trabalhar atividades experimentais no ensino, voltadas para uma aproximação dos alunos com seu mundo, atuando como um mecanismo favorecedor da aprendizagem. Demonstrando uma postura interativa/dialógica, a professora, turno 18, intervém de forma a acolher e remodelar a pergunta de Laura que em seguida é levada à discussão pelos alunos. Conforme a perspectiva construtivista de ensino, deve-se elaborar analogias e exemplos que facilitem a apropriação do conhecimento científico por parte dos alunos e, ao mesmo tempo estabelecer uma ponte entre esse conhecimento e suas ideias espontâneas.

Apesar de ter demonstrado desconhecer no seu cotidiano algum exemplo relacionado ao fenômeno do regelo, não conseguindo assim responder satisfatoriamente a indagação da colega, Luiz em seu enunciado, turno 19, contribui com o fornecimento de um *feedback* para a professora, permitindo que este “ajuste sua estrutura explicativa aos interesses, experiências e conhecimentos prévios dos alunos” (AGUIAR *et al*, 2006, p.12).

Mesmo relacionado com o conteúdo que está sendo trabalhado, o discurso toma outro rumo, quando a aluna Nara, turno 20, realiza uma pergunta, direcionada aos membros dos grupos “B” e “C”. Mathias, turno 21, equivocou-se ao tentar responder, pois não percebeu que a colega se referiu ao tipo de material que

constitui o fio e não a sua espessura. Mas, a aluna, demonstrando atitude investigativa, tratou de reformular a pergunta, turno 23. Enquanto que Luiz, turno 24, envolvido com a tarefa de resolver o problema experimental, procurou responder a indagação da colega.

Salientamos que, a compreensão de um fenômeno através de uma demonstração pode permitir ao aluno generalizar o comportamento dos sistemas observados para outras situações em que estes mesmos fenômenos estejam presentes (ABIB; ARAÚJO, 2003). Um exemplo disso foi Laura, turno 25, que, espontaneamente, sem ser solicitada, resolveu associar o fato do fio não ter penetrado no gelo, no experimento do grupo C, ao derretimento das geleiras ocasionado pelo aquecimento global. Entendemos que a professora deveria ter aproveitado a ocasião, para provocar discussões a respeito de fenômenos que se pode explicar pelo regelo, como o deslizamento das geleiras²³e, também das limitações desses experimentos. No entanto, ela optou por explorar esse fenômeno na aula seguinte, ocorrida no terceiro momento.

A análise desse episódio permite-nos inferir que, ao promover a apresentação e ação dos membros dos grupos B e C, sobre as atividades experimentais, a professora teve as intenções de identificar e explicitar as ideias desses e demais alunos com relação ao objetivo da atividade e permitir que eles deem continuidade ao fluxo do discurso favorecendo o surgimento de reflexões sobre a influência da pressão na temperatura de ebulição da água. Ao priorizar uma abordagem comunicativa interativa dialógica, ela buscou, também, potencializar o trabalho cooperativo em sala de aula. Para Vygotsky, o aluno aprende com maior eficiência através da interação entre seus colegas e professores, pois isso permite uma evolução da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Constatamos também que, ficou claro o propósito da professora em dar suporte com o mínimo de intervenções possíveis. Ela participou apenas três vezes, com o turno da fala. Mesmo assim, ocorreram no sentido de manter o interesse, engajamento e participação dos alunos na construção de respostas a um problema

²³ A pressão na base da geleira pode aumentar a ponto de causar a fusão do gelo nessa região, provocando seu deslizamento.

mediado pelo arranjo experimental. Além de elucidar a ideia de uma aluna que se preocupou em vincular os experimentos com situações relacionadas ao aquecimento global.

Ressaltamos que esse episódio reforça a ideia da importância da atividade experimental demonstrativa como meio de favorecer a interação social, pois geralmente é possível se encontrar subsídios para reflexão e discussão de aspectos do cotidiano do aluno.

5.4 Episódio de ensino/aprendizagem 4

O episódio que vamos relatar foi retirado de discussões que emergiram a partir da realização de uma atividade experimental apresentada pelos alunos do grupo D. Trata-se de mais uma atividade que tem como objetivo demonstrar que a diminuição de pressão provoca uma redução na temperatura de ebulição da água. Para isso, foi colocada água prestes a entrar em ebulição dentro de um balão de fundo redondo. Em seguida, este foi fechado e teve sua superfície externa resfriada com água gelada (fig.5). Consequentemente, a água entrou em ebulição, conforme salienta Loara no início desse episódio.



Figura 5. Alunos do grupo D realizando atividade experimental.

1. Loara: Isso acontece porque quando a gente joga água gelada, parte do vapor que cria vai se condensar e, a pressão sobre a água diminui. Então, a gente já sabe que quando a pressão diminui a temperatura de ebulição da água também diminui²⁴.
2. Luiz: Essa água é gelada mesmo ou é mais natural, fria?
3. Isaias: Gelada.
4. Regina: Se fosse bem gelada?
5. Loara: Formaria mais bolhas.
6. Luiz: Se tivesse pedra de gelo dentro dela, teria uma reação maior.
7. Válber: A quantidade de bolhas depende da diferença de temperatura entre a água derramada e a água dentro do recipiente.
8. Loara: Podemos observar que quando a água vai esfriando vão se formando menos bolhas.
9. Professora: Mais alguma colocação?
10. Luiz: ... Os astronautas num usam aquela roupa? Eu vi na televisão que se você tá lá no espaço, aí se a roupa abre a água do seu corpo começa a ferver. Do mesmo jeito é aí. Eu só queria saber se tem alguma coisa a ver com esse trabalho?
11. Alunos: Inaudível. [*comentam entre si a indagação do colega*]
12. Professora: Eles têm uma roupa pressurizada. Aí quando abre...
13. Luiz: a água do corpo começa a ferver. Não sei por quê.
14. Válber: Do mesmo jeito que na experiência que a gente fez. Já que a pressão lá é muito pequena, a ebulição da água vai ser menor. Então como a temperatura corporal é um pouco elevada, então já vai ser o ponto de ebulição da água.

Utilizando um discurso de autoridade e dando sinais de segurança e interesse, Loara, membro do grupo D, procurou destacar o que ocasionou a ebulição da água, turno 1. Ao mencionar “*a gente já sabe que quando a pressão diminui a temperatura de ebulição da água também diminui*”, interpretamos que ela, mesmo que implicitamente, demonstra preocupação em relacionar seu experimento com os

²⁴ Isso ocorre quando a pressão no balão se torna igual à pressão de vapor da água na sua temperatura atual (pressão na qual o líquido está em equilíbrio com seu próprio vapor).

textos trabalhados no início da aula passada e, também, com as atividades experimentais destacadas nos episódios 1 e 2. Sua atitude permite, também, que se promovam inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes ao conteúdo que está sendo trabalhado.

Imediatamente após a apresentação da atividade experimental, Luiz, turno 2, procurou tomar conhecimento de detalhes do experimento demonstrativo, justificando assim a capacidade desse recurso em atrair e prender a atenção dos alunos ao ativar a curiosidade. Sendo esta um fator motivador que pode despertar o querer aprender, conforme Vygotsky, fundamental para que aconteça a aprendizagem. Apesar de concordamos que a motivação escolar é algo complexo, depende de uma variedade de fatores subjetivos.

Ao julgarmos a atividade experimental como fator de motivação, consideramos que esta estratégia de ensino não se limita a aguçar a curiosidade, mas também deve ser aplicada para a análise crítica dos resultados e para a aprendizagem.

Retornando a análise dos discursos, destacamos a iniciativa de Regina, turno 4, que levantou uma questão, evidenciando sua preocupação em compreender uma relação de causa e efeito. Sua pergunta torna-se motivo de uma sequência de discursos, turnos 5, 6, 7 e 8, em que seus colegas, baseados na descrição empírica do fenômeno, se revezaram procurando atender a indagação da colega, o que mostra, mais uma vez, a atenção dos alunos por tal recurso didático. Eles enfatizaram que a quantidade de bolhas formadas dependerá da diferença de temperatura entre a água que se encontra dentro do balão e a água lançada na superfície externa do balão.

Vale salientar que, caso seja dada ao aluno a oportunidade de agir e de interpretar os experimentos demonstrativos, ele provavelmente desenvolverá a capacidade de elaborar hipóteses, tomará conhecimento sobre fenômenos em questão e construirá conceitos que os explicam. Entretanto, não é somente por meio do contato com os fenômenos em si mesmos, mas, sobretudo, por meio do discurso que se desenvolve em torno dos mesmos, que os alunos podem aprender e, também articular o conhecimento construído com outras situações. Um exemplo disso é Luiz, turno 10, que, demonstrando evolução nas ideias, levanta uma indagação, buscando estabelecer uma relação entre fatos.

No intuito de elucidar o problema proposto por Luiz, a professora procura intervir na discussão, turno 12. Mas, é interrompida por Luiz, turno 13, que se mostra bastante envolvido com o conteúdo em questão. Provavelmente, ele obteve a seguinte informação: Como no vácuo não existe pressão, ao ter a roupa espacial retirada, a água do corpo do astronauta ferve imediatamente, uma vez que a diminuição de pressão provoca uma redução na temperatura de ebulição da água. Ele procurou associar esta situação com o fenômeno demonstrado a partir do arranjo experimental.

Contudo, é sabido que, conforme o conhecimento científico:

1. Ele ficaria inconsciente em 15 segundos, pois não há oxigênio;
2. O sangue e fluidos corporais dele entrariam em "ebulição" e congelariam, em virtude de não haver pressão atmosférica para manter seu sangue e seus fluidos corporais em estado líquido, os fluidos "ferveriam". Já que o "processo de ebulição" os faria perder rapidamente a energia térmica, os fluidos congelariam antes que evaporassem totalmente. Esse processo poderia levar de 30 s a 1 minuto;
3. Seus tecidos (pele, coração e outros órgãos internos) dilatariam devido aos fluidos em ebulição. Contudo, eles não "explodiriam".
4. Enfrentaria alterações extremas na temperatura: luz solar - 120°C e sombra - menos 100°C.
5. Seria exposto a vários tipos de radiação (raios cósmicos) ou partículas carregadas emitidas do Sol (vento solar);
6. Poderia ser atingido por pequenas partículas de pó ou rocha que se movem em altas velocidades (micrometeoróides) ou detritos em órbita de satélites ou espaçonaves.

Logo, ele morreria rapidamente devido às três primeiras questões citadas, provavelmente, em menos de 1 minuto (Fonte: HowStuffWorks, 2000).

Surpreso e demonstrando desconhecer a informação mencionada Válber, membro do grupo "C", sentiu-se motivado para expressar seu raciocínio, turno 14. Apesar de cometer um equívoco, do ponto de vista da ciência, ao afirmar "*a pressão lá é muito pequena*", ao referir-se ao espaço sideral. É sabido que, a pressão é "zero", conforme foi mencionado pela professora na aula seguinte.

A análise desse episódio nos levou a entender que, utilizando uma abordagem comunicativa interativa dialógica, a intenção da professora, ao consentir a apresentação dos membros do grupo D, mais uma vez está voltada para fomentar ideias a respeito do objetivo da atividade experimental, por parte desses e demais colegas, verificar se os alunos estabelecem alguma relação com outra situação mencionada em sala de aula. Além de procurar intensificar a construção coletiva do conhecimento.

As intervenções da professora ocorreram no sentido de explorar as ideias dos alunos sobre o fenômeno em estudo, dar oportunidade para que eles falem e pensem sobre novas ideias e elucidar uma questão levantada por um aluno.

Por falar em explorar as ideias dos alunos, temos a opinião de que se a professora tivesse realizado mais perguntas elicítivas, enriqueceria ainda mais as discussões, não só em torno dessa atividade experimental, mas também daquelas demonstradas pelos alunos dos grupos A, B e C. Inclusive no decorrer dos trabalhos apresentados pelos alunos dos grupos E, F e G que sequer ela intercedeu. Optou por explorá-los em aulas posteriores, conforme observaremos no 6º episódio de ensino.

Com relação à quarta aula da sequência de ensino, teve início com uma recapitulação de alguns fatos ocorridos nas três aulas anteriores, relacionadas à mudança de fase. A professora promoveu questionamentos sobre os textos trabalhados em sala de aula, algumas indagações que ficaram pendentes, fez novamente o experimento da seringa e destacou a importância dos alunos estabelecerem relações entre os experimentos apresentados. Em seguida, ela consentiu que os alunos dos grupos E, F e G, apresentassem suas atividades experimentais.

O grupo E, tinha como objetivo mostrar a diferença entre a temperatura de ebulição da água dentro de uma panela de pressão e numa panela destampada. Para isso, utilizaram duas panelas idênticas, com mesma quantidade de água e submetidas a fontes térmicas idênticas (fig.6).



Figura 6. Alunos do grupo E verificando a temperatura de ebulição da água numa panela tampada e numa panela destampada.

O grupo F, tinha como objetivo demonstrar como a condensação de gases de um sistema provoca uma redução de pressão e como esse fenômeno pode alterar a forma de um recipiente. Nesse sentido, foi invertida e colocada, numa panela com água gelada, uma latinha de alumínio, que tem seu interior completamente preenchido por água no estado líquido em equilíbrio com seu vapor, por estar em ebulição (fig.7). Conseqüentemente, originou uma redução brusca na temperatura. Daí, rapidamente esse vapor se condensou, implicando num súbito abaixamento de pressão. Como a pressão de fora da lata tornou-se maior que do interior da lata, as paredes desta são empurradas para dentro, causando sua deformação. Posteriormente, eles repetiram a experiência, colocando uma latinha, em condições idênticas, só que desta vez em água bastante quente.



Figura 7. Alunos do grupo F realizando atividade experimental.

Já o grupo G procurou demonstrar a variação de pressão ocasionada pela mudança de temperatura. Para isso, utilizou um termoscópio (fig.8) que é um dispositivo constituído por dois bulbos interligados por um tubo capilar em formato espiral e um líquido de baixo ponto de ebulição. Ao aquecer o bulbo que contém o líquido, utilizando-se, por exemplo, “o calor da mão” (fig.9), o ar contido em seu interior sofre uma expansão, implicando no aumento de pressão dentro dele, provocando o deslocamento do líquido para o outro bulbo que se encontra a uma menor pressão. Ou seja, a variação de temperatura do ar, dentro dos bulbos, provoca a diferença de pressão. Situação semelhante foi observada quando ocorreu a redução da pressão, devido à contração de volume do ar, causada pelo resfriamento do bulbo que não contém o líquido. Neste sentido eles banharam a superfície externa do bulbo com álcool.



Figura 8. Tesmoscópico.



Figura 9. Aluno utilizando as mãos para aquecer o bulbo do termoscópio.

Na continuidade da aula, a professora permitiu que os alunos do grupo C apresentassem a experiência de Tyndall (fenômeno do regelo).

5.5 Episódio de ensino/aprendizagem 5

O episódio de ensino/aprendizagem analisado refere-se a novos questionamentos que surgiram a partir da experiência de Tyndall (fenômeno do regelo), apresentada pelos alunos do grupo C. Na aula anterior, o resultado da atividade não ocorreu de acordo com o que foi planejado. Pois, eles não conseguiram fazer com que o fio de cobre penetrasse na pedra de gelo, conforme foi mencionado por Tainá, componente do grupo, no início deste episódio.

1. Tainá: Bom! Na aula passada a gente exerceu a força. Pela posição que a gente tava não deu certo, ficou meio torto. Resolvemos também colocar os dois fios (fig.10). Pelo visto está apresentando o cobre mais rápido.
2. Alda: É o náilon.
3. Raquel: Eu acho que é o cobre.
4. Tainá: Eu acho que é o cobre. A pessoa não vê direito porque o náilon é meio transparente. Mas, aí fica essa pergunta: Qual é o que entra mais rápido? *[bastante pensativa e insegura em seu enunciado]*
5. Válber: Eu gostaria de saber se elas pesquisaram se o tipo de material influencia?
6. Alda: Não encontramos.
7. Roberto: Sabe aquela piscina de gelo de patinar? O material para eles poderem andar é uma lâmina de ferro. Aí ocorre do mesmo jeito?
8. Raquel: Sim. Um exemplo do regelo é isso aí.
9. Andrei: Quando o patinador passa o gelo se regenera.
10. Roberto: Tava no estado líquido, aí volta para o sólido.
11. Mikaelle: Só depois que o patinador passa.
12. Professora: Quais as mudanças de fase que a gente percebe?
13. Alda: Fusão e depois solidificação.
14. Professora: Quando ocorre o aumento de pressão, nós vamos ter a fusão. Depois que essa pressão passa a ser constante, ocorre a solidificação.



Figura 10. Experiência de Tyndall apresentada pelos alunos do grupo C.

Tainá inicia a discussão justificando o motivo da experiência não ter dado certo, turno 1. Pois no ato da apresentação do experimento um dos membros do grupo puxou as extremidades do fio de forma inclinada. Interpretamos que o raciocínio de Tainá emergiu a partir da analogia empírica que ela estabeleceu entre os experimentos apresentados pelos grupos B e C.

De acordo com o conhecimento científico, o discurso da aluna revela a necessidade de se utilizar o conhecimento vetorial para uma melhor compreensão do que ocorreu nos dois experimentos. É sabido que a força, normal à superfície do gelo, exercida pelo fio, no experimento do grupo B, foi integralmente utilizada, tornando-se suficiente para causar a fusão do gelo. Ao contrário do experimento do grupo C que, por ter sido aplicada de forma inclinada, a força foi dividida em duas componentes, uma paralela e outra normal à superfície do gelo, reduzindo assim a influência da pressão exercida pelo fio, inviabilizando derretimento do gelo no decorrer da aula. A professora deveria ter aproveitado a ocasião para promover discussões nesse campo do conhecimento, uma vez que os alunos já tiveram a oportunidade de estudar vetores na série anterior.

No ensino de Ciências, as atividades experimentais demonstrativas geralmente são planejadas. Mas, quando os resultados diferem do esperado, como no caso do experimento do grupo C, deve-se investigar a atuação de alguma variável, de algum aspecto ou fator que não foi considerado em princípio, ou que surgiu casualmente. Afinal, trata-se de um recurso didático que deverá propiciar

oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido (BRASIL, 2002).

Nesse mesmo turno, Tainá destacou o fato de terem acrescentado outro fio no arranjo experimental. As integrantes do grupo, motivadas por perguntas levantadas na aula passada sobre a influência ou não do material que constitui o fio, resolveram colocar dois fios de mesma espessura, um de náilon e outro de cobre. Os dois grupos haviam utilizado um fio de cobre.

Em seguida, ela declarou que o cobre penetra mais rápido no gelo. Este fato tornou evidente uma divergência dentro do próprio grupo, uma vez que, Alda, outra componente do grupo, interferiu, imediatamente, discordando da colega, turno 2. Ao contrário de Raquel, também, componente do grupo, turno 3.

Interpretamos que o dissentimento dentro do grupo C, a mudança de comportamento de Tainá, manifestando-se insegura em seu enunciado, turno 4, além da maioria da turma que, por meio de gestos, revelou não ver diferença entre os deslocamentos dos dois fios, conduziram Válber, turno 5, demonstrando interesse pela descoberta, pela investigação, a fazer uma indagação.

Para que o conhecimento científico seja significativo para o aluno, para que seja verdadeiramente um exercício da práxis, é preciso que ele possa ser utilizado na compreensão da realidade. Nesse sentido, as atividades experimentais devem ser entendidas como uma estratégia de ensino que contribui para o aluno desenvolver a capacidade de estabelecer relações. Um exemplo disso é a atitude de Roberto, turno 7, ao levantar uma questão em que buscou certificar-se de uma situação em que se constata a presença do fenômeno do regelo.

Raquel assumindo uma postura de autoridade, tratou de atender a indagação do colega, turno 8.

O que se verifica em seguida, turnos 9, 10 e 11, é uma cadeia interativa estabelecida pelos alunos, em que um deles complementa o enunciado feito pelo colega, procurando explicitar o exemplo mencionado por meio do pensamento espontâneo.

Centrada em referentes empíricos, a professora aproveita a oportunidade para realizar uma pergunta, turno 12, no intuito de identificar a ideia dos alunos com relação a dois aspectos merecedores de atenção para a compreensão do fenômeno do regelo, a fusão e a solidificação. Ela foi imediatamente atendida por Alda, turno 13.

Já no turno 14, a professora resolve explicar o fenômeno, utilizando um discurso de autoridade. Entendemos que, ela procurou aproveitar as manifestações dos alunos para justificar que, o que acontece com a barra de gelo é similar ao que acontece quando alguém patina sobre ele. A lâmina da bota do patinador exerce uma pressão muito grande sobre o gelo fazendo com que ele se funda mesmo estando a uma temperatura inferior a 0°C , com isto o patinador pode deslizar mais facilmente sobre a pista. Assim que o patinador acaba de passar a pressão sobre o gelo volta a ser somente a pressão atmosférica e com isso a água volta a seu estado sólido, pois sua temperatura ainda é inferior a 0°C .

Entendemos que às intenções da professora, ao permitir que fosse refeita a atividade experimental demonstrativa, estão voltadas para identificar novas ideias dos alunos referentes à causa do fenômeno do regelo. Também, conduzi-los a discussões que podem favorecer o avanço na busca de explicações sobre o mesmo, a partir de analogias estabelecidas entre os resultados obtidos na aula em que ocorreu esse episódio e na aula anterior, inclusive, tirando proveito de procedimentos equivocados que foram realizados naquela ocasião.

Utilizando, a princípio, uma abordagem comunicativa interativa dialógica, a professora realiza uma intervenção no intento de identificar o entendimento dos alunos sobre fenômenos específicos e marcar significados chave. Posteriormente, ela resolve assumir um discurso de autoridade no sentido de estabelecer o porquê do fenômeno do regelo. Para tanto, ela resolve explorar o exemplo mencionado.

5.6 Episódio de ensino/aprendizagem 6

Esse episódio, que teve início após o término do episódio anterior, aconteceu em um período da aula em que a professora, procura conduzi-lo de forma a proporcionar uma síntese do conteúdo vigente e o preenchimento de lacunas deixadas pelos questionamentos que surgiram a partir das atividades experimentais

exploradas na unidade. Para isso, estrategicamente, ela assumiu um discurso predominantemente de autoridade, com um tom mais avaliativo.

Nesse sentido, ela começou o episódio buscando verificar se os alunos identificaram a mudança de fase. Fenômeno presente em todas as atividades experimentais apresentadas.

1. Professora: Vocês podem me dizer alguma experiência dos colegas de vocês que se relacione com mudanças de fase?
2. Alunos: Todos. *[alunos comentam entre si sobre os experimentos demonstrados]*
3. Professora: Vocês perceberam que, quando nós escrevemos as palavras-chave, apareceram em todos os experimentos algumas que eram comuns. Alguém lembra?
4. Alunos: Pressão, mudança de fase e temperatura.
5. Professora: Em todos os trabalhos que foram apresentados, essas três estavam presentes. Como é que nós podemos relacionar as três? *[turma em silêncio]* Bom! Vamos pegar um experimento aqui. Por exemplo: o experimento do grupo de Isaias *[descrito no 4º episódio]*. Estão lembrados? Como era o experimento?
6. Isabela: Foi colocada água quente dentro de um balão de vidro tampado. Quando jogou água gelada em cima do balão, a água dentro começa a entrar em ebulição.
7. Professora: Então, isso mostra o quê?
8. Luiz: Se diminui a pressão, aí diminui a temperatura de ebulição.
9. Professora: Isso tem alguma relação com a experiência da seringa, por exemplo?
10. Nilton: Tem. Porque quando a senhora puxou a seringa, diminuiu a pressão, aí a água entrou em ebulição. Logo, o ponto de ebulição diminui. E aí *[referindo-se a experiência descrita no 4º episódio]*, também, quando coloca água gelada em cima do balão, o ponto de ebulição também diminui.
11. Professora: Isso acontece com a experiência de vocês? *[dirigindo-se aos membros do grupo F]*

12. Regina: Com relação à experiência da seringa tem mais a ver com a influência da pressão sobre a água fria e a água quente. Mas, há condensação.
13. Professora: Vamos ver outra experiência. A experiência do termoscópio. Quais eram as grandezas?
14. Alunos: Temperatura e pressão.
15. Professora: Dentre as perguntas que fizeram, alguém deixou de fazer alguma pergunta?
16. Alunos: Não.
17. Professora: Bom! Falaram muito, sugeriram dúvidas a respeito do líquido que era colocado dentro dos bulbos.
18. Isabela: Perguntaram por que não colocaram água. A água demora mais porque é alto seu ponto de ebulição.
19. Professora: Então, por que eles escolhem clorofórmio, éter ou álcool e não escolheram outros líquidos. Isso ficou claro? Esses líquidos, o que é que eles têm em comum?
20. Andrei: Têm o ponto de ebulição baixo.
21. Professora: A gente fala que eles são voláteis. Né?
22. Mykaelle: Entram em ebulição com facilidade.
23. Professora: É mais fácil entrar em ebulição porque o ponto de ebulição deles é...
24. Alunos: menor.
25. Professora: A gente já falou da temperatura e pressão. Mas, agora a gente vai incluir, também, a questão da altitude. Alguém pode dizer a que conclusão chegou?
26. Luiz: Eles quiseram mostrar que dependendo da temperatura da água entrar em ebulição dá pra se calcular a pressão e a altitude. *[referindo-se a atividade descrita no episódio 2]* Pra isso precisaram de uma tabela, pois não dá pra saber só com a temperatura de ebulição.
27. Professora: É. Tinha que ter no mínimo dois parâmetros.
28. Mikaelle: As duas temperaturas de ebulição para encontrar um terceiro parâmetro. *[referindo-se a altitude e a pressão atmosférica; ela gesticula indicando que esse terceiro valor pode ser encontrado a direita na tabela]*

29. Professora: Regina fez uma pergunta na aula passada falando a respeito das cidades de Patos e Teixeira. Com relação, por exemplo, a essa panela ali, aberta com líquido, lá na cidade de Patos. *[a professora aponta para uma das panelas utilizadas na experiência apresentada pelos alunos do grupo E]* O que iria se perceber?
30. Regina: Eu disse que em Teixeira ferve mais rápido por causa da pressão atmosférica que lá é menor.
31. Professora: Isso quer dizer que quanto maior a altitude menor a pressão, menor vai ser ... *[dirigindo-se para toda a turma]*
32. Alunos: a temperatura de ebulição.

No início do episódio, a professora, buscando tornar consistente o entendimento dos alunos no que se refere à mudança de fase, solicita que eles mencionem alguma atividade experimental em que se constate tal fenômeno, turno 1. A resposta obtida, turno 2, sinaliza que os alunos estão estabelecendo comparações entre as atividades experimentais desenvolvidas em sala de aula.

Como de costume, após cada grupo apresentar seu experimento, a professora convida seus integrantes para manifestarem expressões ou palavras-chave, referentes a grandezas ou fenômenos presentes na atividade experimental explorada, que para eles mais se destacaram. Foi o que ocorreu no turno 3, quando ela chamou a atenção dos alunos para identificarem aquelas que estão em evidência. Entendemos que fazendo uso de uma interação confirmatória, ela revela a intenção de marcar significados-chave e torná-los disponíveis para toda a turma (MORTIMER; SCOTT, 2002). Outro exemplo se verifica no turno 5, quando ela salientou “*Em todos os trabalhos que foram apresentados, essas três estavam presentes*”, após sua indagação ter sido prontamente atendida pelos alunos, turno 4.

Na sequência do turno 5, a professora realiza uma pergunta mais específica (*como é que nós podemos relacionar as três?*), tornando clara sua postura de autoridade, no sentido de possibilitar a estabilização dos significados que estão sendo construídos coletivamente. Nesse mesmo turno, após deduzir que sua pergunta não foi inteligível, uma vez que os alunos não se pronunciaram, ela resolve instigá-los a expressarem a relação entre essas grandezas, utilizando o

conhecimento construído a partir da realização de um experimento demonstrado na aula anterior.

O comentário de Isabela, turno 6, ao realizar a descrição empírica do experimento, relatado no episódio 4, revela que a mesma participou ativamente na análise deste, no momento em que seus colegas o apresentavam. No turno 7, o discurso da professora mostra que ela considerou como correta a resposta da aluna e, também, formula uma nova questão, instigando os alunos a explicitarem seu entendimento sobre o experimento de acordo com a visão científica.

A resposta emitida por Luiz, turno 8, é um bom indicador de seu desenvolvimento cognitivo com relação à atividade destacada, atendendo inclusive a perspectiva da professora. Trata-se de um enunciado que ela aproveita para formular uma nova questão, turno 9, buscando verificar e firmar os conceitos e deduções tiradas pelos alunos a partir da analogia entre a experiência, mencionada no episódio 4 e a experiência da “seringa” por ela apresentada, na primeira aula da sequência de ensino dessa unidade.

Em seguida, o aluno Nilton, turno 10, demonstrou ter compreendido essa relação. Fazendo uso de conceitos aprendidos nas aulas anteriores sobre a influência da pressão na ebulição da água, ele traz em seu discurso um “eco” da voz da ciência escolar. Esse “eco” dá indícios de uma apropriação do modelo científico de mudanças de fase da água.

No turno 11, o comportamento da professora confirma sua intenção de contribuir para que o aluno desenvolva seu potencial cognitivo e criativo. Para isso, ela busca explorar as comparações que os alunos estão realizando entre as atividades demonstradas tendo como foco o entendimento da relação entre pressão e temperatura na fusão e ebulição da água. Regina, turno 12, integrante do grupo F, procura atender a indagação da professora. Entendemos que, mesmo implicitamente, a resposta de Regina está no sentido de afirmar que em ambos os casos ocorre a redução da pressão e que, ao contrário da experiência da “seringa”, em que se observa a ebulição da água, na experiência por eles apresentada ocorre a condensação.

Vale ressaltar que, conforme o conhecimento científico, na “experiência da seringa”, ao puxar o pistão até a extremidade desta, acontece uma redução na

pressão dentro dela ocasionando uma redução na temperatura de ebulição da água. Ao contrário da experiência *implodindo uma latinha de alumínio*, apresentada pelo grupo F. Ao submergir a latinha, na panela com água “fria”, ocorre uma rápida diminuição na temperatura, implicando num súbito abaixamento de pressão dentro dela. Pois, o vapor de água contido lá dentro se condensa rapidamente. Como o volume da água é muito maior no estado gasoso do que no líquido, o volume de gás contido na lata diminui, deixando um espaço vazio. Diminuindo o volume dos gases, a pressão interna também diminui. Como a pressão fora da lata está maior, ela força as paredes de alumínio, deformando a lata (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>).

Na sequência, turnos 13 a 24, a professora decide abordar a atividade do termoscópio apresentada pelo grupo G na aula passada, já que naquela ocasião não realizou nenhuma intervenção, conforme foi citado anteriormente. Ela resolve fazer uma pergunta direta, turno 13, e rapidamente obtém a resposta esperada, turno 14. A fala dos alunos, neste turno, mostra que eles estão compreendendo a influência da pressão e temperatura em mais um fenômeno. Em seguida, ela resolve chamar atenção dos alunos para que eles realizem alguma pergunta não feita, turno 15, evidenciando assim, seu interesse em considerar os enunciados dos alunos e por meio deles promover questionamentos adequados.

No turno 17 a professora destaca os questionamentos ocorridos sobre os líquidos utilizados na atividade. Isabela, turno 18, utiliza um discurso de autoridade para justificar o não uso da água na atividade demonstrada. Em seguida, turno 19, para consolidar o “porquê” de se utilizar determinados líquidos, a professora resolve levantar uma questão mais específica. Imediatamente, Andrei, mostrando-se bastante consciente, tratou de respondê-la, turno 20. Em suas falas, turnos 18, 22 e 24, os alunos parecem dar continuidade aos enunciados da professora nos turnos 17, 21 e 23, evidenciando o interesse coletivo.

A professora decide, então, verificar que significados os alunos construíram a partir das discussões que emergiram em torno das atividades que exploraram a influência da altitude na ebulição da água, turno 25. O aluno Luiz, turno 26, demonstrou ter compreendido o objetivo da atividade desenvolvida pelo grupo A. Ele ressalta que é possível saber, aproximadamente, a altitude e a pressão atmosférica em um determinado local, a partir da temperatura de ebulição da água. Destaca, ainda, que esta não é suficiente. Nesse sentido, ele menciona a tabela (13.3) que

forneceu informações fundamentais para a solução do problema. Logo em seguida, turno 27, a professora procura concordar com as colocações do aluno. Já Mikaelle, turno 28, ressaltou, mesmo que implicitamente, que esses dois parâmetros seriam o ponto de ebulição encontrado a partir da leitura do termômetro em contato com a água em ebulição e, o outro seria um valor, próximo a ele, observado na tabela. Ela salienta que seriam empregados para a identificação de um terceiro valor, à esquerda na tabela, que no caso seria a pressão ou a altitude.

No turno 29 a professora resolve focar a variável “tempo”. Nesse sentido, ela procurou saber quais as conclusões a que os alunos chegaram, a partir de uma indagação efetuada por Regina na aula passada. Ocasão em que os alunos do grupo A apresentavam uma atividade experimental, descrita no episódio 3. Imediatamente, a própria Regina, turno 30, segura em seu enunciado e utilizando o conhecimento científico, responde demonstrando ter compreendido o conteúdo abordado. Interpretamos que ela procurou justificar levando em consideração que, como a altitude da cidade de Teixeira é maior que a altitude da cidade de Patos²⁵, a pressão atmosférica é menor sobre a superfície da água. Menor será, também, seu ponto de ebulição. Conseqüentemente, a água ferve mais rápido.

Já no turno 31, buscando firmar os conceitos e conclusões conseguidas sobre a influência da pressão na ebulição da água, a professora instaura uma interação confirmatória com toda a turma, obtendo imediatamente a resposta esperada, turno 32, centrada no conhecimento científico.

Aliás, a intenção da professora nesse episódio de ensino/aprendizagem está voltada para permitir aos alunos falar e pensar a respeito das ideias científicas enfatizadas, dar apoio para eles aplicarem essas ideias a uma variedade de contextos e sustentar o desenvolvimento da ‘estória científica’ (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Nesse sentido, as intervenções da professora estão voltadas para que aconteça a consolidação dos conceitos e conclusões obtidas a partir de resultados empíricos, de modo a extrair premissas teóricas que fornecem um encadeamento causal aos fenômenos (AGUIAR; MORTIMER, 2005). Assumindo um discurso de natureza interativa e explicitamente de autoridade, descrevendo padrão de interação

²⁵ As altitudes das cidades de Teixeira-PB e Patos-PB são 768 m e 242 m, respectivamente.

I-R-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor), ela procurou verificar que significados os alunos adquiriram com as discussões ocorridas em torno das atividades experimentais demonstradas e, também, quais as relações que eles estabeleceram entre estas.

Vale salientar que apesar da professora não ter tomado como referência os pressupostos teóricos de Vygotsky, em suas aulas constatamos indicações que dão fundamento a essa teoria para análise e orientação das atividades experimentais em sala de aula, conforme veremos a seguir.

5.7 Indicações da teoria de Vygotsky nas aulas que envolveram atividades experimentais demonstrativas em uma abordagem contextualizada

Ao considerar que o aluno é o sujeito de sua própria aprendizagem em interação com o contexto sociocultural e escolar significa reconhecer que lhe é inerente o processo de ressignificação do mundo. É atribuir-lhe a responsabilidade de construir explicações, mediadas pela interação com o professor, com outros alunos e pelos instrumentos materiais e simbólicos próprios do conhecimento científico, entre os quais a linguagem que adquire uma importância especial. O professor que trabalha focado nessa visão de ensino converge com a perspectiva teórica de Vygotsky que defende a importância da interação no processo do desenvolvimento do conhecimento.

Os turnos da fala analisados nos episódios acima revelam que, ao ter concedido aos alunos a oportunidade de participar de forma ativa e efetiva no desenvolvimento de atividades experimentais demonstrativas, mediante o diálogo e o estímulo ao desafio, a professora contribuiu para que eles desenvolvessem a autonomia de pensamento, favorecendo o processo de construção e reconstrução do conhecimento.

A cooperação entre ela, os estudantes e o uso da linguagem, em torno do equipamento demonstrativo, transformou a sala de aula num ambiente sócio-interativo, conduzindo o aluno ao desenvolvimento dos conceitos. À medida que as atividades experimentais iam sendo apresentadas, iam surgindo perguntas e troca de ideias em torno das mesmas, possibilitando uma melhor ligação entre os conhecimentos explorados em sala de aula e aqueles obtidos no cotidiano do aluno.

De acordo com a teoria sócio histórico cultural de Vygotsky, a interação social é um meio importante para a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórico e culturalmente desenvolvido.

É importante destacar que, antes de iniciar uma demonstração é fundamental que os alunos saibam o que observar e sobre quais problemas ou questões devem refletir. Nesse sentido, estrategicamente, a professora, previamente trabalhou textos relacionados ao conteúdo e, após realizar a “atividade demonstrativa da seringa”, procurou saber qual o entendimento dos alunos a respeito dos procedimentos tomados durante o desenvolvimento desta. Na terminologia vygotskyana, é preciso que todos os participantes da interação tenham a mesma definição de situação.

Apesar de algumas vezes revelarem-se inseguros, mas motivados pela apresentação das atividades experimentais, os alunos manifestaram suas ideias espontâneas sobre o fenômeno em questão. Isto contribuiu para o surgimento dos pseudoconceitos que indica o começo da obtenção dos conceitos verdadeiros, modelos aceitos pela comunidade científica. Conforme os vygotskyanos, a formação cognitiva de um conceito novo sempre passa por uma fase transitória em que esse conceito, ainda incompleto e incorreto, tem o aspecto de um pseudoconceito.

Em diversas ocasiões, em que estavam sendo discutidas questões relacionadas às atividades experimentais demonstrativas, constatamos situações que explicitam a presença de pseudoconceitos. Na experiência da seringa, descrita no episódio 1, mesmo sabendo que a água entrou em ebulição devido à mudança de pressão, os alunos justificaram de forma simplificada o porquê de tal fenômeno. Já na experiência descrita no episódio 2, apesar deles demonstrarem entender que uma maior altitude implica numa menor pressão, menor será também o ponto de ebulição da água, eles não conseguiram explicar claramente a influência da pressão atmosférica sobre a água.

Outro exemplo, ocorreu durante as discussões em torno da experiência do regelo, descrita no episódio 3. Verificamos que alguns alunos responderam corretamente que a velocidade com que o fio se desloca sobre o gelo depende da espessura do fio. Mencionaram, por exemplo, que, quanto mais fino for o fio mais rápido será seu movimento sobre o gelo. Porém, não explicaram explicitamente que,

quanto menor a espessura do fio, menor será a superfície de contato, conseqüentemente maior será a pressão.

Diante do que foi visto, é possível afirmar que, ao fomentar interações sociais nas quais o aluno é instigado a fazer suposições e dar explicações sobre determinado acontecimento, revelando sua forma de pensar por meio de um conceito ainda não amadurecido, realiza-se a comparação dos modelos com a realidade, e o amadurecimento ou reformulação dos conceitos pré-determinados. Nesse sentido, os vygotksyanos afirmam que, por meio da continuidade da interação ou posteriormente em outras interações na escola ou na sua vivência cotidiana com parceiros mais capazes, é possível que os pseudoconceitos tornem-se conceitos mais elaborados e próximos dos conceitos estabelecidos pela comunidade científica.

Vale ressaltar que, para que se realize o processo de entendimento e formação do conhecimento, é necessário que o professor leve em consideração os conceitos que o aluno já sabe, mesmo que intuitivo e derivado, e relacionar tais conceitos com os conceitos científicos. Para isso é fundamental que o professor esteja atento e acompanhe os processos de construção conceitual. Compete a ele, como mediador e também responsável por essa construção, promover discussões que conduzam os alunos a inter-relação entre conceitos. Nas aulas que acompanhamos, enquanto estavam sendo realizadas atividades experimentais demonstrativas, observamos vários momentos em que se realizou a inter-relação entre conceitos científicos e espontâneos, enriquecendo o diálogo, a cooperação e a informação, e contribuindo, conseqüentemente, para que o aluno desenvolva suas funções psíquicas superiores.

Na ocasião em que estava sendo debatido o experimento da seringa, por exemplo, os alunos começaram a buscar explicações físicas para a ebulição da água a baixas temperaturas. O interesse em conseguir uma explicação para o fenômeno conduziu os alunos a raciocinarem com algum embasamento científico. Entendemos que as discussões surgidas a partir da leitura dos textos, que antecederam a atividade, tenham contribuído para isso. O mesmo ocorreu na atividade descrita no episódio 2, quando se questionava a influência da pressão atmosférica, a diferentes altitudes, na ebulição da água.

Nas discussões ocorridas em torno da experiência do regelo, episódio 3, Mathias e Marta destacaram, respectivamente que, “*Quanto mais pesado, vai aplicar mais força no gelo. Aí vai atravessar mais rápido*” e “*se fosse mais fino é mais fácil de passar*”. Isso nos permitiu entender que mesmo implicitamente, eles procuraram legitimar a experiência apresentada ao estabelecerem relação entre os conceitos espontâneos e o conceito físico de pressão. Conforme citado anteriormente, a pressão é diretamente proporcional à força aplicada e inversamente proporcional à superfície de contato.

Ainda no episódio 3, Laura interpretou que, no experimento apresentado pelo grupo C, a velocidade com que o fio se desloca, enquanto pressiona o gelo, é a mesma com que o restante da superfície superior do bloco de gelo se derrete, devido à temperatura ambiente. Utilizando também princípios físicos, ela comparou o fenômeno demonstrado, a partir do arranjo experimental, com o derretimento das geleiras, causado pelo aquecimento global. Revelando-se interessada em fazer com que seus colegas compreendam melhor sua analogia, ela aplica seu conhecimento espontâneo para destacar que o efeito observado, a partir do experimento, se tornaria mais evidente se utilizasse um secador de cabelo para provocar o aquecimento rápido do meio.

Outro exemplo em que conceitos espontâneos e científicos puderam ser mutuamente reforçados ocorreu durante os questionamentos em torno do experimento demonstrativo descrito no episódio 4. Na oportunidade, o aluno Luiz recorreu ao conhecimento científico, referente ao objetivo da atividade apresentada, para conseguir explicações a respeito de uma informação incompleta, obtida no meio extraescolar. Diz respeito ao comportamento do corpo humano, desprotegido de um traje espacial, fora de uma nave espacial, em um local onde não existe atmosfera.

Exemplos como esses revelam a importância de se estabelecer condições para que o conhecimento dos alunos sejam considerados e discutidos, para que possam ser comparados e provavelmente reconstruídos. Para isso é fundamental a participação do professor, como mediador entre o aluno e o objeto do conhecimento, no apoio intencional na ZDP. Vygotsky (2008) defende que a aprendizagem se dá pelas interações em que um parceiro mais capaz, com relação às práticas e ferramentas intelectuais, colabore e oriente essa aprendizagem.

Os episódios analisados permitem-nos inferir que os questionamentos da professora favoreceram a aprendizagem conceitual e o desenvolvimento de ZDPs. Entendemos que a preocupação dela, em explorar as ideias dos alunos, contribuiu para dar forma aos significados e, também provocar as (re) elaborações dos significados construídos por eles, em torno das atividades experimentais demonstrativas. Verificamos que esse apoio intencional, realizado pela professora, aconteceu a partir de perguntas elicitativas que proporcionaram vez e “voz” aos alunos. Os exemplos a seguir evidenciam isso – “O que isso tem a ver com o que nós estamos estudando?” (E₁²⁶); “O que é que vocês acham?” (E₂); “Vocês estão percebendo a diferença?” (E₃); “Tem alguma coisa do cotidiano que se verifica esse princípio do regelo?” (E₃); “Mais alguma colocação?” (E₄); “Quais as mudanças de fase que a gente percebe?” (E₅); “[...] Alguém pode dizer a que conclusão chegou?” (E₆); “Isso acontece com a experiência de vocês?” (E₆).

Observamos também que, a iniciativa da professora em atribuir aos alunos a responsabilidade pela elaboração, construção e apresentação das atividades experimentais, contribuiu para a tomada de atitudes investigativas e o desenvolvimento da capacidade de abstrair e conceituar novas ideias. Além de ter favorecido às interações discursivas, ocasionando uma aproximação entre os próprios alunos e deles com a professora, que procurou trabalhar focada principalmente nas dificuldades do aluno, o que tornou a aula mais produtiva e eficaz. Para Vygotsky (2008, p.98), essa proximidade facilita a internalização dos conceitos: “aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã”.

Dessa forma, é possível afirmar que as atividades experimentais demonstrativas, no ambiente social de sala de aula, apoiadas em uma metodologia apropriada, contribuíram para o enriquecimento das relações sociais, inter-relação entre os conceitos científicos e espontâneos e para a ressignificação do processo de ensino e aprendizagem de Física.

A seguir, apresentaremos nossas considerações finais referentes à pesquisa.

²⁶ Episódio de ensino/aprendizagem 1.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por melhorias no ensino de Física, procurando torná-lo mais eficaz, foi a principal causa que nos conduziu à realização deste trabalho. A escolha deste estudo ocorreu em virtude de acreditarmos na aplicação de atividades experimentais como desencadeadoras da motivação e como estratégia de ensino para inserção, desenvolvimento e aprofundamento de conteúdos físicos.

Pelas discussões realizadas no capítulo anterior, pudemos inferir que o objetivo proposto foi cumprido. Ou seja, as atividades experimentais de demonstração em sala de aula, na perspectiva da teoria sociocultural de Vygotsky, promovem interações aluno-aluno e aluno-professor que favorecem a construção do conhecimento e viabilizam a ressignificação do processo de ensino e aprendizagem.

Para isso foi fundamental a ação consciente e planejada da professora. Ela procurou focar seu trabalho em atividades investigativas que permitiram o levantamento de hipóteses, de discussões e testes acerca das mesmas. O que favoreceu o desenvolvimento de ZDPs e contribuiu para que os alunos estabelecessem relações entre o mundo real e o mundo dos conceitos e símbolos.

Com a intenção de tornar a sala de aula um espaço de construção coletiva do conhecimento, onde cada aluno, com sua bagagem sociocultural, é autor e colaborador, a professora efetivou uma estratégia de ensino voltada para os sentidos produzidos pelo discurso que acompanha a ação em torno das atividades experimentais em sala de aula. Isso se tornou evidente a partir da descrição do que os alunos observaram na interação com o seu experimento e na relação que estabeleceram com os experimentos demonstrados por seus pares e pela docente. Sendo assim, foi concedida ao aluno a oportunidade de partilhar o saber, construí-lo a partir de seus experimentos, de seus conhecimentos e dos demais participantes.

Ao permitir aos alunos expressarem seus significados, a fim de atingirem a negociação e o consenso, acreditamos que a professora considerou que a formação do aluno não ocorre isoladamente. Acontece pelo entrelaçamento entre as significações criadas nas relações dele com o seu meio físico e social. O que nos leva a entender que se insere numa dinâmica em sala de aula extremamente relacionada ao sociointeracionismo vygotskyano. Este considera que a

aprendizagem de um conceito é um processo que depende das mediações proporcionadas pelo professor, da forma como os alunos atribuem sentido aos conteúdos que lhes são ensinados e do modo como eles percebem a sua aplicabilidade para situações extraescolares (AGUIAR; MORTIMER, 2005).

Dessa forma, julgamos que o referencial teórico que utilizamos neste estudo, baseado na Teoria de Vygotsky, tornou possível um melhor entendimento sobre a relevância da mediação pedagógica, por meio de interações discursivas entre professor, conhecimento e alunos, na apropriação, internalização e generalização de conhecimentos culturalmente sistematizados. Nesse sentido, são reveladoras as palavras de Oliveira (2001, p.38), ao destacar que Vygotsky não pensa a cultura como algo pronto, mas como um “[...] ‘palco de negociações’ em que seus membros estão num constante movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados”.

Fundamentada nos trabalhos de Vygotsky, Oliveira (2001) procura também utilizar o conceito de ZDP num contexto especificamente pedagógico. Defende que, o professor ao mediar, orientar, intervir, oferecer condições para o aluno apropriar, transformar, re-elaborar conceitos sistematizados, “[...] interfere na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente” (2001, p.62). Verificamos isso nas ocasiões em que a professora procedeu dando apoio intencional na ZDP dos alunos, por meio de *feedbacks*. O que contribuiu para que eles reconstruíssem suas ideias, incorporassem outros elementos e/ou substituíssem muitos deles, conforme foi explicitado nos episódios que analisamos utilizando a ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002).

Com o auxílio dessa ferramenta, podemos observar uma presença maior da abordagem comunicativa interativa dialógica do primeiro ao quinto episódio de ensino/aprendizagem examinado. No intuito de investigar possíveis relações conceituais que os alunos possuem e conduzi-los em direção às explicações teóricas desejadas, a professora assumiu uma postura de parceira na construção do conhecimento. Em vez de apenas avaliá-los, posicionando-se como alguém que está a espera de uma ‘resposta certa’, ela se colocou ao lado deles na busca pelo entendimento das atividades experimentais demonstrativas (MONTEIRO; TEIXEIRA, 2004). Nesse sentido, permitiu que os alunos explicitassem ideias de natureza

empírica e descritiva sobre a influência da pressão na temperatura de fusão e na temperatura de ebulição da água.

Vale ressaltar que, em algumas ocasiões, a professora realizou poucas intervenções. Isso ficou evidente nos episódios 2, 3, 4 e 5. Consideramos importante a atitude da professora ao reconhecer a relevância de seus alunos na condução e no desenvolvimento de algumas atividades, pois fornecem “informações sobre como estes se apropriam dos conceitos e modelos científicos, permitindo que tais ajustes possam ocorrer” (AGUIAR *et al.* 2006, p.12). Porém, entendemos que se ela tivesse realizado mais perguntas elicitativas, enriqueceria ainda mais as discussões.

Com relação ao sexto e último episódio de ensino/aprendizagem analisado, observamos o predomínio da abordagem comunicativa interativa de autoridade. As intenções da professora, ao perguntar com caráter avaliativo, passaram a ser a de autorizar algumas ideias do modelo científico que já haviam circulado no ambiente social de sala de aula, introduzir outras, e também conduzir os alunos no trabalho com essas ideias (AGUIAR; MORTIMER, 2005). Entendemos que foi um procedimento oportuno, uma vez que ajudou os alunos a progredirem e firmarem os conceitos e conclusões conseguidas sobre a influência da pressão na temperatura de fusão e na temperatura de ebulição da água.

Como pudemos observar, nesta análise descritiva apresentada, esta pesquisa sugere um possível caminho que pode ajudar a compreender aspectos importantes da prática docente, a exemplo do entendimento do discurso que emerge a partir da relação existente entre professor, alunos e atividades experimentais de demonstração no ambiente social de sala de aula, na perspectiva da teoria sociocultural de Vygotsky. Esperamos que ela possa ser interessante para motivar pesquisas com objetivos semelhantes em outras disciplinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, M. L. V. S.; ARAÚJO, M. S. T. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.176-194, jun. 2003. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf. Acesso em: 12/05/2009.

AGUIAR, Jr. O.; MORTIMER, E. F. Tomada de Consciência de Conflitos: Análise da Atividade Discursiva em uma Aula de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre-RS, v. 10, n. 2, p.179-207, jul. 2005. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ensino/vol10/n2/v10_n2_a3.htm. Acesso em: 07/04/2010.

AGUIAR JR, O.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. H. As perguntas dos estudantes e seus desdobramentos no discurso das salas de aula de ciências. In: X **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Anais do X **EPEF**. v.1, Londrina-PR. 2006. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos.pdf>. Acesso em 07/04/2010.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese. (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Florianópolis-SC, 2000.

ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Dinâmica Discursiva e o Ensino de Física: Análise de um episódio de ensino envolvendo o uso de um texto alternativo. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 9, p. 1-17, dez. 2007. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index>. Acesso em: 08/04/2010.

AZEVEDO, H. L. *et al.* O uso do experimento no ensino da física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. Bauru, nov. 2009a. (Trabalho submetido ao VII **ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**). Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/1067.pdf>. Acesso em: 09/03/2010.

AZEVEDO, H. L. *et al.* Análise de artigos sobre atividades experimentais de Física nas atas do encontro nacional de pesquisas em educação em ciências. Florianópolis, nov. 2009b. (Trabalho submetido ao VII **ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**). Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/1067.pdf>. Acesso em: 09/03/2010.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: http://moodle.stoa.usp.br/file.php/422/leituras/Borges_2002.pdf. Acesso em: 13/04/2010.

BRASIL. MEC/ FNDE. Programa Nacional do Livro do Ensino Médio (**PNLEM**) para o ano de 2007. Brasília, 2007.

BRASIL. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **PCN+Ensino Médio/2002**: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: Secretaria da Educação Básica. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index>. Acesso em: 18/03/2011.

CARVALHO, A. M. P. **Metodologia de pesquisa em ensino de Física**: uma proposta para estudar os processos de ensino e aprendizagem. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br>; (2005). Acesso em: 04/05/2011.

CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.

COELHO, S. M.; NUNES, A.D.; WIEHE, L.C.N. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 7-34, abr. 2008.

COUTO, F. P. **Atividades experimentais em aulas de Física**: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem. Dissertação (Área de Ensino de Ciências - Faculdade de Educação da UFMG), 2009.

FREITAS ALVES, V. **A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem**. Dissertação (Área de concentração: Ensino de Física - Universidade de Brasília), 2006.

GALIAZZI, M. C. *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>. Acesso em: 13/04/2010.

GASPAR, A. MONTEIRO, I. C.C.; Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsk. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C.C.; MONTEIRO, M.A.A. Atividades experimentais de demonstração e o discurso do professor no ensino de Física. IV **ENPEC**, 2004.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. Popularização da Ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 7-25, abr. 2007.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GIL Perez, D.*et al.* ¿Tiene sentido seguir distinguendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, 1999.

"HOWSTUFFWORKS - Quanto tempo o ser humano pode sobreviver no espaço?". Publicado em 22 de dezembro de 2000 (atualizado em 25 de setembro de 2008). Disponível em <http://ciencia.hsw.uol.com.br/questao540.htm>. Acesso em: 15/08/2011.

IMPLODINDO uma latinha de alumínio. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>. Acesso em: 12/09/2011.

LABURÚ, C.E.; BARROS, M.A.; KANBACH, B.G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p.305-320. 2007.

LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante - Departamento de Física Universidade Estadual de Londrina; Londrina PR. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, dez. 2006.

LIMA, M. E. C. Feira de Ciências: a produção escolar veiculada e o desejo de conhecer no aluno. In: **Iniciação Científica: um salto para a ciência**. Boletim 11. Junho de 2005. Disponível em: <http://tvbrasil.org.br/fotos/salto/series/150744IniciacaoCient.pdf>. Ministério da Educação-MEC. Acesso em 03/04/2010.

MANCUSO, R.; FILHO, Ivo L. Feiras de Ciências no Brasil: uma trajetória de quatro décadas. In: **Programa Nacional de Apoio a Feiras de Ciências da Educação Básica – FENACEB**, MEC/SEB, Brasília, 2006, 84p., disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Ens.Med/fenaceb.pdf>. Acesso em: 03/04/2010.

MONTEIRO, I. C. C. **Estudo dos processos interativos em aulas de Física**. Tese. (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA, O.P.B. Uma análise das interações dialógicas em aulas de Ciências nas séries iniciais do Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 243-263, 2004.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física. Anais do VII **ENPEC**, Florianópolis-SC. nov. 2009. Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/814.pdf>. Acesso em: 08/03/2010.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, C.; NEVES, M. S. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física, em sala de aula: um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

MORTIMER, E. & SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002.pdf. Acesso em: 06/04/2010.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning making in secondary science classroom**. Maidenhead: Open University Press/ McGraw Hill Education, 2003.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento**: um processo sócio-histórico. 4 ed. São Paulo: Scipione, 2001.

OLIVEIRA, M. K. **LEV Vygotsky**. Coleção Grandes Pensadores. Produção e distribuição: CEDIC. Produção: Atta Mídia e Educação. 2006. Brasil (45 minutos).

PAVÃO, A. C. **Feiras de Ciências: Revolução Pedagógica**. 2004. Disponível em: www.espacociencia.pe.gov.br/espacociencia/artigos/A19.html. Acesso em 05/04/2010.

PALANGANA I. C.; GALUCH, M.T. B.; SFORNI, M. S. F. Acerca da relação entre ensino, aprendizagem e desenvolvimento. **Revista Portuguesa de Educação**, Universidade do Minho, Braga-Portugal, v. 15, n. 1, p. 111-128, 2002. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/374/37415106.pdf>. Acesso em: 17/06/2010.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras, publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V9N1/v9n1a4.pdf>. Acesso em: 12/03/2010.

RABELLO, E.T. e PASSOS, J. S. **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. Disponível em: <http://www.josesilveira.com>. Acesso: 10/09/2010.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 19ª ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2008.

SCHROEDER, E. **Conceitos espontâneos e conceitos científicos**: o processo da construção conceitual em Vygotsky. Atos de pesquisa em Educação. PPGE/ME FURB. v. 2, n. 2, p. 293-318, Blumenau-SC, 2007. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosdepesquisa/article/view/569/517>. Acesso em: 10/08/2010.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23ª ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003. Disponível em: <http://stat.contabilidade.periodicos.ufsc.br>. Acesso: 18/03/2010.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 360-369, dez. 2000. Disponível em: <http://search.sweetim.com/search>. Acesso em: 21/05/2010.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro (SOCERJ); v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out. 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

YOUNG H. D.; FREENDMAN R. A.; Física II, **Termodinâmica e Ondas** – Sears e Zemansky, 10 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003. 329p.

APÊNDICE

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM A PROFESSORA

Informações gerais: A professora é formada no curso de Química Industrial. Atua há 15 anos no Ensino Médio, lecionando as disciplinas Física e Química, em duas escolas públicas e em dois cursos pré-vestibular.

1. Grau de instrução:

() Graduado () Especialista (x) Mestre () Doutor () Outros

Caso possua pós-graduação, favor especificar: Engenharia Sanitária

2. Instituição em que cursou a graduação: UEPB

3. Ano de conclusão do curso: 1996

4. Instituição que cursou a pós-graduação: UFPB

5. Ano de conclusão da pós-graduação: 1999

6. Com relação à disciplina Física, qual a opção que melhor representa o modo como você planeja suas aulas:

() Roteiro proposto pelo livro didático adotado.

() Consulta vários livros do ensino médio e elabora um roteiro próprio.

() Consulta livros do ensino médio e superior e elabora um roteiro próprio.

(x) Consulta livros diversos, revistas especializadas, jornais, etc. e elabora um roteiro próprio.

() Outros.

Especificar caso: _____

7. Como aluna de Física, qual era a sua relação com essa disciplina no ensino médio? E no ensino superior?

- A aprendizagem em Física não era significativa para mim devido à abordagem utilizada pelo professor, sendo os conteúdos trabalhados de forma abstrata, principalmente nas duas primeiras séries. A “recuperação” foi na terceira série, onde começou o meu interesse pela disciplina. No ensino superior foi que houve a aprendizagem efetiva, já que tive contato com alguns dos conteúdos que não tinham sido vistos no ensino médio.

8. Como aluna de Física do ensino médio seus professores faziam uso de atividades experimentais como estratégia de Ensino? E os professores de outras disciplinas?

- Os professores de física não trabalhavam com atividades experimentais, só um professor de Química.

9. Você gosta de realizar atividades experimentais?

- Sim, acho primordial no processo de ensino aprendizagem das ciências, acho que sem elas o ensino de Física seria pouco efetivo e ineficaz.

10. No seu cotidiano você costuma usar atividades experimentais como estratégia de ensino? Com que frequência?

- Sim. Utilizo pelo menos uma vez em cada bimestre.

11. Vários objetivos estão relacionados à utilização de uma atividade experimental. Utilize o número 1 para o item mais predominante, o 2 para o segundo mais predominante, o 3 para o menos predominante e o 4 para o que não acontece. Os números podem ser repetidos.

(2) comprovar e/ou verificar leis e teorias científicas,

(3) ensinar o método científico,

(1) facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos

(2) ensinar habilidades práticas

() outros: _____

12. A que fontes você recorre ao planejar as atividades experimentais que farão parte das aulas?

- Manuais práticos e principalmente a internet.

13. Qual a sua percepção em relação à postura predominante dos alunos durante as atividades experimentais realizadas nas aulas?

- Percebe-se que os alunos durante as atividades experimentais têm uma visão simplista e como um conjunto de conhecimentos isolados, acabados e inquestionáveis. Alguns aspectos, como a comprovação da teoria, fazer para teorizar, a experimentação como processo de memorização, a visualização como prática obrigatória e a busca de situações que fujam do dia-a-dia do aluno, são verificadas em seus depoimentos.

14. Como você elabora suas atividades experimentais?

- Hoje percebo que na maioria das vezes quando utilizo a atividade experimental como recurso didático, restrinjo a atividade do tipo experimental de demonstração ou verificação, controlada por mim desde a realização até a interpretação, sem discutir com os alunos. Mas ultimamente tenho aprendido que devem ser planejadas de modo a garantir a construção do conhecimento pelo aluno e a desenvolver sua curiosidade e hábito de sempre questionar. Tenho buscado seguir um roteiro experimental que deve apresentar uma situação-problema que instigue os alunos a elaborar um procedimento experimental, ao invés de apresentar uma lista de procedimentos para ser seguido, atribuindo ao professor o papel de mediador das discussões e ações durante a realização da atividade pelos alunos.

15. Voltando a questão de sua formação (curso de Química Industrial), contribuiu para que você pudesse realizar atividades experimentais, juntamente com seus alunos, em sala de aula? De que forma?

- A minha formação em química industrial contribui efetivamente no trabalho laboratorial no que diz respeito às práticas e manuseio dos materiais.

16. Quais os motivos a levam a usar atividades experimentais no ensino de Física?

- Promover um processo de ensino e aprendizagem mais eficaz, propondo atividades que levem o aluno a pesquisar, escrever, discutir, reelaborar seus pensamentos e possibilitar uma melhor compreensão de conceitos e sobre as diferentes possibilidades e tendências.

17. A infraestrutura e os recursos materiais disponíveis nesta escola são suficientes para realização de práticas experimentais?

- A escola dispõe de uma boa infraestrutura e de diversos recursos materiais para realização de práticas experimentais; embora na maioria dos casos haja o emprego de materiais simples e de baixo custo, que os alunos podem comprar ou arranjar e montar com facilidade.

18. Você se sente preparada para realizar atividades experimentais? Por quê?

- Não o quanto eu gostaria. Percebo que em muitos aspectos não atingi índices satisfatórios para conduzir de forma favorável às atividades experimentais.

29. Se você acha que ficou faltando algo a ser destacado nesta entrevista, sinta-se a vontade para falar.

- Não.

ANEXOS

ANEXO A

Primeiro texto²⁷

Os índios e a caça

Há muitos anos, uma tribo vivia no Colorado (E.U.A) e tinha sua economia baseada na caça de uma espécie de veado. Uma vez que esses animais são migratórios, os índios eram também nômades. Eles seguiam as migrações dos veados para o alto das montanhas e para os vales do Colorado. Eles preferiam preparar a carne da caça, fervendo toda a carcaça num grande tacho.

Uma vez que aquele tipo de veado era muito abundante naquela época, os índios estavam “bem de vida”, mas tinham um problema: quando a carne era cozida nos vales, o processo tomava pouco tempo e a carne ficava macia, mas, quando os animais eram abatidos e cozidos nas montanhas, a carne ficava rijá e o cozimento levava várias horas.

Um dia, enquanto esperava que a carne cozinhasse no alto de uma montanha, um grupo de guerreiros começou a pensar neste estranho fenômeno. Um dos bravos anunciou que tinha tido uma idéia: “Acho que são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura. Todos sabem que há mais maus espíritos nas montanhas que nas planícies”. (Eles “sabiam” disso porque aconteciam mais acidentes nas montanhas; coisas tais como braços e pernas quebrados). “Se são os maus espíritos que fazem a carne ficar dura, então vamos colocar uma tampa sobre o tacho. Isto afastará os maus espíritos e fará a carne ficar macia”. Isto fazia sentido, e os índios tentaram.

A carne cozinhou mais depressa e ficou mais macia, mas ainda não estava igual à carne preparada nos vales. Um outro guerreiro teve então outra idéia: “sabemos que os maus espíritos são muito delgados. Eu acho que eles estão se esgueirando pelas frestas entre a tampa e o tacho para endurecer a carne, então, se nós vedarmos as frestas com barro, eles não poderão entrar e a carne ficará macia”.

O novo método foi tentado e a carne ficou ainda mais macia que aquela cozida nos vales.

²⁷ Autor desconhecido. <http://praticadeciencias-edmilson.blogspot.com/2010/06/06>; o-indio-e-caça.

ANEXO B

Segundo texto²⁸**. Influência da pressão**

Verifica-se experimentalmente que, se variarmos a pressão exercida sobre uma substância, a temperatura na qual ela muda de fase sofre alterações. Assim, quando dissemos que o gelo se funde a 0°C e a água entra em ebulição a 100°C , destacamos que isto ocorre se a pressão for de 1 atm. Nesta secção, vamos analisar esta influência da variação de pressão nas temperaturas de mudanças de fase.

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA TEMPERATURA DE FUSÃO

Quando uma substância se funde, de modo geral ela aumenta de volume. Para uma substância que tenha este comportamento, observa-se que *um aumento na pressão exercida sobre ela acarreta um aumento em sua temperatura de fusão* (e, conseqüentemente, em sua temperatura de solidificação). Assim, o chumbo, que aumenta de volume ao se fundir, tem seu ponto de fusão em 327°C à pressão de 1 atm. Submetendo-o a uma pressão mais elevada, ele irá se fundir a uma temperatura mais alta. A fig. 13-12-a mostra um bloco de chumbo que atinge uma temperatura superior a 327°C , porque a pressão sobre ele é maior do que 1 atm. Evidentemente, a uma pressão inferior a 1 atm o chumbo se fundirá abaixo de 327°C (fig. 13-12-b).

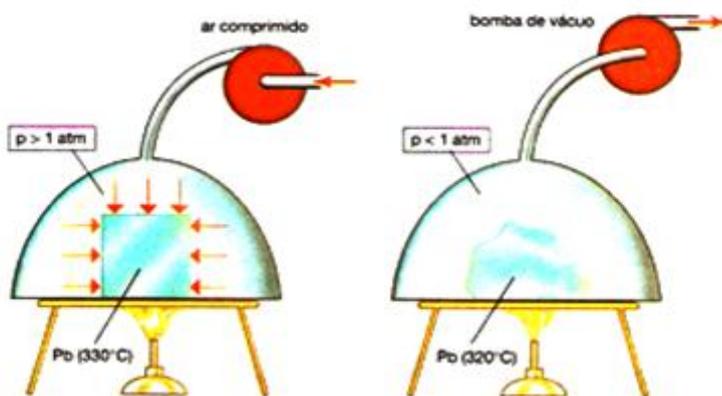
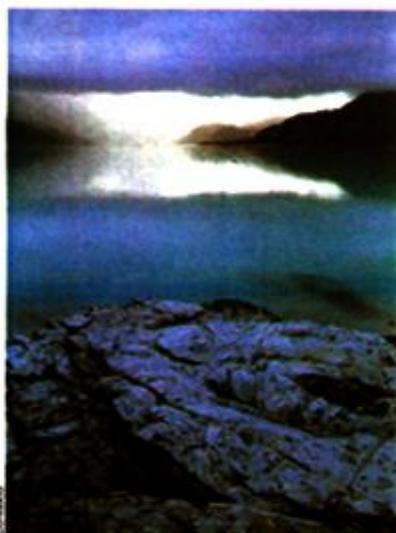


Fig. 13-12: Um aumento na pressão faz aumentar o valor da temperatura de fusão do chumbo.

A ÁGUA É UMA EXCEÇÃO

Algumas poucas substâncias, entre elas a água, fogem do comportamento geral, pois diminuem de volume ao se fundirem. Portanto, o volume de uma dada massa de água aumenta quando ela se transforma em gelo. É por este motivo que uma garrafa cheia de água, colocada em um congelador, parte-se quando a água se solidifica.

Para estas substâncias, *um aumento na pressão acarreta uma diminuição na temperatura de fusão*. Como sabemos, o gelo se funde a 0°C somente se a pressão sobre ele for de 1 atm. Se aumentarmos esta pressão, ele se fundirá a uma temperatura inferior a 0°C e, reciprocamente, a uma pressão inferior a 1 atm o seu



A água das chuvas penetra em fendas existentes nas rochas ficando aí acumulada. Em países de clima frio, é comum observar-se o rompimento dessas rochas, quando a água se congela. Por que isto acontece?

²⁸ Curso de Física; Volume 2; Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, p.186-189. Editora Scipione.



Fig. 13-13: O gelo funde-se apesar de estar abaixo de 0°C , devido à grande pressão exercida sobre ele.

ponto de fusão será superior a 0°C . Uma aplicação deste fato é mostrada na fig. 13-13: o gelo sob a lâmina da bota do patinador (pressão muito grande) se funde, apesar de sua temperatura ser inferior a 0°C , permitindo que se deslize facilmente sobre a pista. Assim que o patinador acaba de passar, a pressão retorna a 1 atm e a água volta ao estado sólido, pois sua temperatura é inferior a 0°C .

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA TEMPERATURA DE EBULIÇÃO

Como você sabe, qualquer substância, ao se vaporizar, aumenta de volume. Por este motivo, *um aumento na pressão acarreta um aumento na temperatura de ebulição*, pois uma pressão mais elevada tende a dificultar a vaporização.

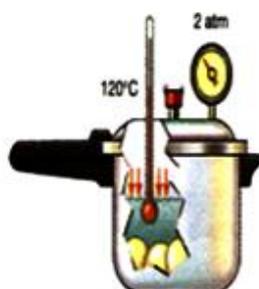
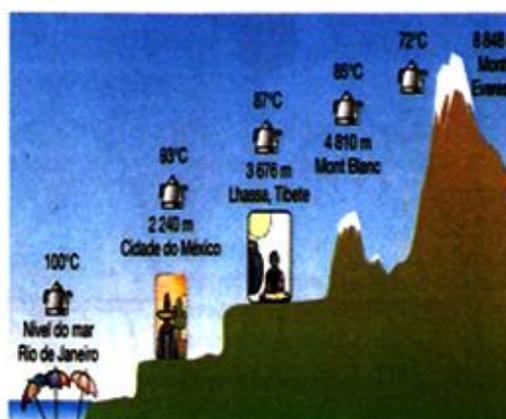


Fig. 13-14: Em uma panela de pressão a água atinge temperaturas superiores a 100°C .



Quanto maior a altitude (menor pressão atmosférica), menor é a temperatura de ebulição da água.



Fig. 13-15: É difícil cozinhar no alto do monte Everest porque ali a temperatura da água, em uma panela aberta, não ultrapassa 72°C .

Este fato ocorre nas panelas de pressão. Em uma panela aberta, com pressão de 1 atm , a água entra em ebulição a 100°C e sua temperatura não ultrapassa este valor. Na panela de pressão, os vapores formados e impedidos de escapar (fig. 13-14) ajudam a pressionar a superfície da água, podendo a pressão total atingir cerca de 2 atm . Com isto, a água só entrará em ebulição nas proximidades de 120°C , fazendo com que os alimentos sejam cozidos mais rapidamente.

Naturalmente, uma diminuição na pressão provoca um abaixamento na temperatura de ebulição. É um fato conhecido que, em locais situados acima do nível do mar, onde a pressão atmosférica é menor do que 76 cmHg , a água entra em ebulição a uma temperatura inferior a 100°C (observe a tabela 13-3). No alto do monte Everest, por exemplo, cuja altitude é de 8800 m e a pressão atmosférica é de apenas 26 cmHg , a água entra em ebulição a 72°C . Então, tentar cozinhar no alto do monte Everest, sem panela de pressão, é uma tarefa bas-

tante difícil ou mesmo impossível para alguns alimentos (fig. 13-15). Reduzindo-se gradualmente a pressão sobre a superfície da água, sua temperatura de ebulição torna-se cada vez menor, podendo-se obter água em ebulição mesmo a temperaturas muito baixas. Por exemplo, se com uma bomba de vácuo reduzirmos a pressão a 17 mmHg, poderemos fazer a água ferver a 20°C (fig. 13-16).



Fig. 13-16: É possível fazer a água entrar em ebulição a temperaturas relativamente baixas.

Ponto de ebulição da água a diversas altitudes		
Altitude (m)	Pressão atmosférica (cmHg)	Ponto de ebulição da água (°C)
0	76	100
500	72	98
1000	67	97
1500	64	95
2000	60	93
2500	56	92
9000	24	70

Tabela 13-3.