Universidade de São Paulo

Experiências em contexto: A experimentação
numa perspectiva sócio-cultural-histórica

Juliano Camillo

SÃO PAULO

2011

Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Biociências

Faculdade de Educação

**EXPERIÊNCIAS EM CONTEXTO: A
EXPERIMENTAÇÃO NUMA PERSPECTIVA SÓCIO-
CULTURAL-HISTÓRICA**

Juliano Camillo

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - Física.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos (IF-USP/orientador)

Prof. Dr. Alberto Villani (IF-USP)

Prof. Dr. Demétrio Delizoicov (UFSC)

SÃO PAULO

2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTE TRABALHO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE. A REPRODUÇÃO COMERCIAL, EM TODO OU EM PARTE, POR QUALQUER MEIO, SOMENTE É PERMITIDA COM EXPRESSA AUTORIZAÇÃO ESCRITA DO AUTOR.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Camillo, Juliano

Experiências em contexto: a experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica . – São Paulo, 2011.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Rodrigues de Mattos

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e Ensino;
2. Experimentação; 3. Teoria da Atividade;
4. Materialismo Dialético.

USP/IF/SBI-038/2011

Aos meus pais, José Antonio e Nisabel.

À minha avó, Aparecida.

Agradecimentos

Muitas vezes é somente no final que paramos para agradecer. Ou que paramos para pensar a quem devemos agradecer formalmente. Penso que, talvez, o agradecimento devesse ser contínuo, ser feito no dia-a-dia da caminhada; mas nem sempre o fazemos, pelo menos não explicitamente; seja pelo tempo, pelo orgulho, pelo esquecimento, por achar que não é preciso... – é por isso que um espaço como este é necessário. É aqui que fazemos explícita, pelo menos um pouco, nossa gratidão àqueles, que mesmo no silêncio e no não reconhecimento imediato, estiveram presentes, sempre crendo que seria possível estar onde estamos.

Agradeço aos meus pais, pelas primeiras palavras e pelos primeiros passos. Pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Por acreditarem na educação.

À Luciana, minha irmã. À vó Cida e ao vô Carlos (em memória), à vó Emma e ao vô Joanim (em memória). Ao tio Mauro.

À Aline, pelo amor, pelo carinho, pela compreensão nos momentos de ausência e que, sempre acreditando em mim, me apoiou nos bons e maus momentos.

Aos amigos Guilherme, Gillioli, Cláudio, Daniel, Euller, Tiago Assis, Tiago Giraldi, Fábio Assis, João, Fábio Rodella, Machado, com os quais pude discutir etapas importantes da minha vida e deste trabalho.

Ao professor André Koch Torres de Assis, que me ensinou que é necessário sempre questionar. Ao professor Henrique César da Silva que me proporcionou muitos questionamentos. Ao professor João Marson e à professora Lúcia, pelo estímulo para ser professor.

À professora Fernanda Liberali e ao professor Alberto Villani pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

Aos amigos do ECCo, André, Francisco, Luciani, Jackelini, Esdras, Ortega, Débora, Teresa, Leonardo e especialmente ao Felipe. Aos companheiros nesta

caminhada do mestrado, Adriel e Carla. À Talita, pelo apoio na minha chegada a São Paulo. A todos os companheiros do corredor de ensino.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Àqueles alunos que mostraram que o caminho por mim escolhido não foi em vão, que me mostraram que a mudança é possível.

Ao Cristiano, por ter acreditado em mim e me permitido encontrar uma pergunta vital e segui-la. Pelas conversas, cafés, almoços, os que tivemos e que ainda não tivemos. Pela amizade. Por ter me proporcionado muito mais que um título de mestre.

A você, leitor, que não deixará este trabalho esquecido e o tornará fruto de críticas e de possíveis diálogos.

RESUMO

CAMILLO, Juliano. **Experiências em contexto: a experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica**. 2011. 175 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Este trabalho tem como objetivo principal analisar as atividades experimentais como recurso de ensino-aprendizagem, com base na Teoria da atividade. As atividades experimentais têm sido apontadas por muitos professores e pesquisadores como responsável por diminuir as dificuldades e proporcionar uma aprendizagem mais prazerosa. Porém, pesquisas ainda não mostraram de maneira clara qual a relação entre a realização de atividades deste tipo e a aprendizagem. Diante da diversidade de sentidos atribuídos à atividade experimental buscamos entender como este tipo de atividade tem sido concebida. Este panorama geral nos permite entender o grande número de abordagens que se pode conseguir com este recurso. Com isso, evidenciamos problemas que têm sido associados a realização de atividades experimentais, os quais exploramos, sob a perspectiva cultural-histórica, suas origens. Nesta perspectiva, entendemos que a Física é uma manifestação da atividade do homem no mundo, isto é, não pode ser compreendida de maneira descontextualizada, fora das práticas humanas. Dessa forma, a educação deve proporcionar aos sujeitos a imersão nas práticas culturais já estabelecidas e fornecer a ele instrumentos de mediação, inclusive os da ciência, para que atue no mundo de maneira consciente. A atividade experimental, como parte dessa produção cultural, só adquire sentidos quando mergulhada em uma práxis, onde sujeitos compreendem seu papel na atividade, quando compartilham certos instrumentos mediadores comuns que os farão ter acesso ao mesmo objeto, ou seja, participar de uma mesma atividade. Como fruto desta atividade, após um processo de significação e ressignificação, de reconhecimento dos contextos de validade dos instrumentos mediadores, os sujeitos, de posse destes instrumentos, tem chance de atuar em outros contextos dando novos significados a sua vivência.

Palavras-chave: Experiência, experimentação, materialismo dialético, Teoria da Atividade.

ABSTRACT

CAMILLO, Juliano. **Experiences in context: experimentation in a socio-cultural-historical perspective**. 2011. 175 p. Dissertation (Master in Science Education – Physics Education) – Institute of Physics, Faculty of Education, University of São Paulo, São Paulo, 2011.

The main objective of this work is to analyze the experimental activities as tools for teaching and learning based on Activity Theory. The experimental activities have been pointed out by many teachers and researchers as responsible for reducing the difficulties and provide a more enjoyable learning. However, researches do not show clearly what is the relationship between perform such activities and learning. Facing the diversity of meanings attributed to the experimental activity we initially review the literature about the ways this type of activity has been designed. This overview allows us to understand the numerous approaches that can be achieved with this resource. Then, we highlight problems that have been associated with the use of experiments and we explore them from the cultural-historical perspective. From this point of view, we understand that physics is a manifestation of human activity in the world, i.e. cannot be understood decontextualized from the human practices. Thus, education should provide subjects' immersion in the cultural practices already established and providing mediation tools, including science, to act consciously in the world. The experimental activity, as part of cultural production, only acquires meaning when imbibed into a practice where subjects understand their role in the activity, they share common mediating tools that will provide access to the same object, or part of the same activity. As a result of this activity, after a process of meaning and reinterpretation, the recognition of the contexts of validity of the mediators' instruments, the subjects in possession of these instruments have a chance to perform in other contexts, giving new meaning to their living situation.

Keywords: Experience, experimentation, dialectic materialism, Activity Theory.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Os caminhos deste trabalho	15
1.2 O nascimento deste projeto de pesquisa: uma pergunta vital	16
1.3 O problema de pesquisa	19
2. SOBRE A FORMAÇÃO DO SER HUMANO.....	23
2.1 O ser humano e o trabalho: uma perspectiva marxista	25
2.2 A formação social da mente e a mediação por artefatos culturais.....	27
2.3 Os signos, a linguagem e os conceitos.....	35
2.4 A estrutura da Atividade Humana – Leontiev e Engeström	44
2.5 A atividade humano-genérica e a atividade cotidiana	48
2.6 Uma pequena síntese	54
3. A EXPERIÊNCIA, A EXPERIMENTAÇÃO E O CONHECIMENTO	56
3.1 A experiência no senso comum e na Filosofia.....	56
3.2 A experiência-experimentação na Física	64
3.3 A produção do conhecimento no Materialismo Dialético.....	82
3.4 A Física como Atividade Humana	85
3.5 A experiência na perspectiva sócio-cultural-histórica.....	90
4. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	93
4.1 Os sentidos atribuídos a experimentação como recurso de ensino- aprendizagem	93
4.2 Os velhos problemas.....	99
5. NOVA LUZ SOBRE VELHOS PROBLEMAS	106
5.1 Revisitando os velhos problemas atribuídos à experimentação	106
5.2 Exemplos – Análise de Alguns Episódios	127
5.3 A experimentação na perspectiva sócio-cultural-histórica	150
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
8. ANEXOS	171

Lista de Figuras

Figura 1: Circuito elétrico simples.	17
Figura 2: O que os alunos enxergavam.	18
Figura 3: Gênero Humano e o processo de humanização	26
Figura 4: Relação direta	30
Figura 5: Relação mediada	30
Figura 6: Representação mais tradicional da mediação.....	31
Figura 7: A estrutura da atividade proposta por Leontiev.	46
Figura 8: Atividade humana – Engeström (1987)	48
Figura 9: Dois sistemas de atividades distintos interagindo	48
Figura 10: Bunge – Referência real e experimental	79
Figura 11: Teorias de apoio ao experimento.....	80
Figura 12: A experiência - Objetivação e Subjetivação	92
Figura 13: Esquema de análise das atividades experimentais	103
Figura 14: Diferentes níveis hierárquicos da mediação	109
Figura 15: A complexificação da mediação e as lacunas de diversas ordens	109
Figura 16: Diferentes instrumentos, diferentes objetos	111
Figura 17: O movimento de síntese dialética. Professor e aluno numa intersubjetividade caminhando para instrumentos-objetos qualitativamente novos.	112
Figura 18: Diferentes instrumentos, diferentes objetos – forma complexificada.....	113
Figura 19: Operações - Ações – Atividade	114
Figura 20: Apropriação alienada de um conceito	119
Figura 21: Eletroscópio	140

1. INTRODUÇÃO

1.1 Os caminhos deste trabalho

Escrever este texto significa fazer uma grande reflexão da caminhada até aqui. É o momento de olhar para trás, de repensar, de ressignificar todo o processo que se materializa, parcialmente, neste texto. É o momento de uma tomada de consciência em um nível mais profundo das escolhas, erros e acertos, angústias e alegrias que este período me proporcionou.

Descrever a trajetória até aqui tem o papel de explicitar ao menos um pouco, a posição de onde falo, quais são os lugares nos quais estes enunciados se constituem e me constituem. Este texto registra, como uma fotografia, um instante no *continuum espaço-tempo* físico e cultural-histórico da minha caminhada como ser humano no mundo, como professor, como estudante de mestrado... Posições que assumo e outras que ainda assumirei diante do mundo e da sociedade, posições que se renovam e se mantêm a cada novo passo, a cada nova interação com tudo o que me cerca; posições marcadas pela vivência do constante repensar, discutir, negociar, compartilhar, ser... Em outras palavras, já não é mais possível que este trabalho seja de mim separado.

O meu interesse pelas coisas e o seu funcionamento remonta aos tempos em que minha memória não alcança completamente. É preciso recorrer à memória de outrem para resgatar certas coisas do passado e não deixar que elas se apaguem. Gostava de conhecer os objetos, de desmontá-los, gostava de inventar brinquedos e fazer projetos mirabolantes que jamais saíram do papel – não significa que nunca ganharam realidade; bastavam alguns poucos materiais ou alguma curiosidade apresentada que para mim a diversão era garantida.

Nos tempos do colégio gostava de estudar, de saber novas coisas, todas as áreas sempre me interessaram. Um ponto importante da minha caminhada escolar foi o Ensino Médio, quando a paixão pela educação aparece. Dedicava-me a ensinar os

colegas, a fazer grupos de estudos, surgiram até aulas particulares. Aquilo que era feito nas horas vagas e inicialmente sem muito sentido foi ganhando corpo e a percepção de que este era um caminho de valor para mim foi crescendo, ao final do Ensino Médio a decisão estava tomada: eu seria professor, e de Física! “Você está louco, menino?”. Foi algo que escutei uma infinidade de vezes, porém a tal loucura aos olhos dos outros me proporcionou muitas coisas boas. E é na prática desta profissão e no desejo de poder ter a sala de aula como objeto mais aprofundado de estudo é que este projeto de pesquisa tem seu início.

1.2 O nascimento deste projeto de pesquisa: uma pergunta vital

O título que dou a esta seção não é meu, mas também não o deixa de ser; apropriei-me dele. “Uma pergunta vital” quem ensina a buscar é o Prof. Cristiano, sempre insistindo que as coisas que pesquisamos devem ter conexões com nossas vidas, para que assim, mesmo diante das dificuldades que a pesquisa ou vida nos traz possamos avançar com ânimo e paixão. A citação que segue foi tantas e oportunas vezes citada pelo Cristiano, e na resposta do sábio poeta dirigida ao jovem que procura um motivo para escrever encontramos onde a pergunta vital reside, onde devemos buscar o motivo de escrever, de pesquisar e de ensinar:

“O senhor está olhando para fora, e é justamente o que menos deveria fazer neste momento. Ninguém o pode aconselhar ou ajudar, — ninguém. Não há senão um caminho. Procure entrar em si mesmo. Investigue o motivo que o manda escrever; examine se estende suas raízes pelos recantos mais profundos de sua alma; confesse a si mesmo: morreria, se lhe fosse vedado escrever? Isto acima de tudo: pergunte a si mesmo na hora mais tranquila de sua noite: ‘Sou mesmo forçado a escrever?’. Escave dentro de si uma resposta profunda. Se for afirmativa, se puder contestar àquela pergunta severa por um forte e simples ‘sou’, então construa a sua vida de

acordo com esta necessidade. Sua vida, até em sua hora mais indiferente e anódina, deverá tornar-se o sinal e o testemunho de tal pressão. Aproxime-se então da natureza. Depois procure, como se fosse o primeiro homem, dizer o que vê, vive, ama e perde”. Cartas a um jovem poeta – Rilke

Ainda durante o curso de graduação, a Licenciatura em Física, na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, minha carreira como professor de Física tem seu início. Assumi as aulas de uma turma de Terceiro Ano do Ensino Médio que outro professor, por falta de tempo, havia deixado, em um colégio da rede particular de ensino da cidade de Jaguariúna, interior do estado de São Paulo.

O assunto a ser ensinado era Eletrodinâmica - corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, resistência elétrica, capacitores etc. Os alunos já haviam estudado grande parte deste conteúdo e a mim caberia dar continuação ao processo e ensiná-los sobre capacitores elétricos. Preparando-me para encarar o problema de ensinar tal conteúdo dedico-me a elaborar uma estratégia de ensino que envolvia uma montagem experimental. A minha ideia era “genial”, montaria um circuito elétrico com voltímetro, amperímetro, resistor e capacitor e mostraria a eles o comportamento deste último. Mostraria que a corrente elétrica flui pelo circuito enquanto o capacitor não está completamente carregado, mostraria que a corrente cessa quando a carga está completa.

Figura 1: Circuito elétrico simples.¹

¹ Imagem retirada de [<http://electricalengineeringforbeginners.blogspot.com/2009/08/what-is-electric-circuit.html>].

Enfim é chegada a hora da concretização da minha genial estratégia, era hora da aula sobre capacitores por meio da experimentação. Estava ali diante de todos, claro e evidente, a corrente elétrica que ora aumenta ora diminui. Os ponteiros do multímetro explicitavam, a quem quisesse ver, tudo o que eu queria mostrar aos alunos. A eles cabia perceber o evidente e estabelecer relações com o que eu dizia, com o que a teoria dizia.

Estava tudo perfeito, a minha carreira de professor seria um sucesso dali em diante, bastava uma montagem experimental “auto-evidente”, simples, clara e objetiva, que todo o processo educacional e o Ensino de Física, em especial, estariam resolvidos. Minutos depois uma aluna timidamente diz: “Professor, não me leve a mal, mas não estou enxergando nada do que o senhor está dizendo”.

- Como assim não está enxergando nada? Está claro, é evidente!

Figura 2: O que os alunos enxergavam².

² Imagem retirada de [<http://toda-kinta.blogspot.com/2010/07/imagens-engracadas-gambiarra-de-fios.html>].

Eu não disse isso, mas foi o que pensei... Pensei que o problema era só com ela e que uma nova explicação seria suficiente para que ela também “enxergasse” o que eu estava vendo através da minha montagem experimental, com um pouco de paciência eu conseguiria fazer com que a menina se juntasse aos que “naturalmente” enxergam corrente elétrica. Mas não; bastou o singelo desabafo da menina para que o caos se instaurasse. Aquilo que era tão evidente só era visto por mim. Ninguém enxergava corrente elétrica, potencial elétrico, resistência elétrica. Joguem o professor e sua parafernália elétrica pela janela!

Nascia então, naquele momento, uma pergunta, ainda tímida, sem pretensões de tornar-se maior e assumir um lugar em um trabalho de mestrado, mas que efervesceu em diversos momentos novamente – Por que a atividade experimental não é tão evidente quanto eu esperava? Por que os alunos não enxergavam aquilo que para mim era tão claro?

1.3 O problema de pesquisa

Quando este problema toma corpo e torna-se um projeto de pesquisa de mestrado surge inevitavelmente a pergunta: para onde esta investigação deveria apontar? Para os alunos, para o professor ou para o tipo de experimento realizado? Eram inquietações iniciais, possíveis perguntas de investigação, mas que certamente ficariam aquém da complexidade e da beleza que este problema de pesquisa posteriormente veio manifestar. Estava começando a ficar claro que não seria possível desvincular professor, aluno e experimento na análise. Especulava que talvez existisse para este problema uma luz em um referencial teórico que abarcasse a história de vida do aluno, ou de maneira geral, a constituição histórica dos objetos, indivíduos e suas relações, neste caso específico na sala de aula³.

³ Tal especulação deve-se a uma disciplina que cursei com o Prof. Henrique César Dias da Silva na UNICAMP antes de ingressar no mestrado, e que aprofundava questões como ideologia, constituição histórica da linguagem e dos sujeitos.

Da especulação inicial passei à certeza de poder apoiar-me em uma perspectiva sócio-cultural-histórica, fundamentando a análise nos trabalhos de Vigotski e Leontiev, assim como de seus seguidores⁴, com as bases em Marx e o seu materialismo dialético.

Considero um desafio bastante grande colocar a totalidade das reflexões que venho desenvolvendo em uma estrutura linear como a apresentada aqui. Este trabalho constitui-se de reflexões teóricas e exemplos que suportam determinadas afirmações na construção de uma resposta a seguinte pergunta de pesquisa:

Qual o sentido da experimentação dentro da perspectiva da Teoria da atividade Sócio- Cultural-Histórica?

Buscamos, assim, analisar o papel da experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências e entender de que maneira este tipo de atividade pode ser concebida. Desta maneira, perguntas menores nos pareceram fundamentais de serem respondidas a fim de compor a grande resposta da nossa pergunta de pesquisa. São elas:

Quais são os sentidos atribuídos à experiência e experimentação?

Como professores e pesquisadores têm concebido a experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências?

Por que a experimentação não gera tantos frutos quanto se acredita? Quais os típicos problemas relacionados à experimentação?

É possível fundamentar as origens tais problemas na perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade?

É possível sugerir caminhos para a experimentação ao final deste trabalho?

E, com base nestes questionamentos construímos nosso trabalho. Os capítulos que se seguem são respostas a estes questionamentos principais e também outros que nos foram suscitados.

⁴ O meu contato com a perspectiva sócio-cultural-histórica inicia-se em maio de 2009 quando passo a ter o professor Cristiano como orientador e a fazer parte do grupo de pesquisa por ele formado, o ECCO.

Num primeiro momento, no segundo capítulo, apresentamos aquilo que tem sido chamada de Teoria da Atividade Sócio-Cultural-Histórica, que foi norteadora das nossas leituras e análises que nos propomos fazer aqui. Inicialmente elencamos alguns pressupostos fundamentais desta perspectiva e depois, no quinto capítulo, aprofundamos determinadas questões mais específicas no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem de Ciências/Física por meio da experimentação. Este referencial teórico é capaz de olhar para a questão da formação do gênero humano e os produtos de sua atividade sem, no entanto, recorrer a uma teoria no qual ele seja tratado como um ser puramente psicológico ou puramente biológico. Sob uma perspectiva marxista de análise buscamos entender o processo pelo qual o ser humano torna-se membro do gênero humano, ou seja, quando deixa de ser uma espécie e passa a ser capaz de agir conscientemente sobre o mundo e sobre si mesmo, quando se torna capaz de objetivar sua atividade por meio da linguagem em suas diversas manifestações: arte, Física, teatro etc. Esta reflexão vem dar suporte aos questionamentos iniciais sobre a constituição histórica dos sujeitos, objetos e das relações entre eles.

De posse do arcabouço teórico que nos orienta, caminhamos para o terceiro capítulo, no qual buscamos alguns dos sentidos atribuídos à “experiência”. Este capítulo constitui-se do “terreno” no qual estamos adentrando, o terreno dos sentidos e significados já estabelecidos. Trazemos algumas concepções de experiência do campo da filosofia e do senso comum – experiência de uma maneira bastante ampla. Fechando os limites, focamos nos sentidos que a experiência adquire no campo da Ciência, em especial na Física. Trazemos, sobretudo concepções distorcidas acerca dos cientistas e do processo de construção do conhecimento científico, as quais buscamos superar lançando mão da perspectiva que tem sido chamada de “Nova Filosofia da Ciência” e, também, do Materialismo Histórico Dialético, com o quais buscamos fazer uma síntese destas concepções e elucidar uma visão mais coerente acerca da produção do conhecimento científico. Por fim, ainda no terceiro capítulo, e de posse destes vários sentidos, buscamos caminhos para se pensar a Física como uma Atividade Humana (ou um conjunto delas) e a experiência na perspectiva sócio-cultural-histórica.

Na continuação, e ainda nos faltando os sentidos atribuídos à experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências, trazemos o capítulo 4, no qual tais sentidos são apresentados. Buscamos entender como as atividades experimentais têm sido concebidas por professores e pesquisadores e como estão (se estão) sendo utilizadas. Apontamos, sobretudo, os típicos problemas associados à realização de tais atividades apontados pela literatura específica.

E por fim, no capítulo 5, possivelmente a parte mais importante deste trabalho, alguns dos típicos problemas, sobretudo aqueles que dizem respeito aos processos de ensino-aprendizagem, são revisitados e analisados sob a perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade. Buscamos fundamentar as origens de tais problemas sob esta perspectiva e, com o objetivo de ilustrar e dar suporte a algumas de nossas proposições, trazemos exemplos (pequenos episódios) que analisamos. Este capítulo visa sintetizar o trabalho desenvolvido e sugerir caminhos para se melhorar o processo de ensino-aprendizagem via experimentação e não só por meio dela.

Assim, esperamos ter respondido os questionamentos, pelo menos grande parte deles, que nos foram suscitados antes do início do projeto e também durante sua realização.

2. SOBRE A FORMAÇÃO DO SER HUMANO

How many roads must a man walk down,
Before you call him a man?
(Blowin' In The Wind, Bob Dylan)

Este projeto de pesquisa nasce, como já exposto aqui, de um problema bastante específico – o de um episódio em sala de aula de ciências em que a experimentação era central na produção de sentidos e, por si só, ficou aquém da complexidade deste processo. Tínhamos então, desde o início do amadurecimento do problema de pesquisa, hipóteses de que a constituição social, histórica e cultural dos participantes e suas relações desempenhavam um papel central para entender os processos de ensino-aprendizagem e as relações sujeito-objeto que a experimentação proporciona.

Com o objetivo de fortalecer e fundamentar esta hipótese, trazemos este capítulo que constitui uma reflexão acerca da constituição social, histórica e cultural do homem, da sua atividade no mundo e dos produtos objetivados nesta/por esta atividade.

Nossa proposta é lançar mão de um instrumento de análise que permite enxergar o ser humano em uma concepção mais ampla e que transcende o indivíduo particular, que o coloca numa perspectiva dialética e histórica – o de um ser humano que é capaz de agir sobre o mundo e sobre si mesmo; que aprende, que ensina, que valora, que se emociona... Os aspectos puramente biológicos da existência humana são transcendidos e subordinados aos processos sociais, culturais e históricos. O ser humano é mais que um ser biológico adaptando-se ao mundo e a mente humana, é mais do que um conjunto de processos intrapsíquicos individuais que visam dar sustentação a este processo de adaptação. Quando tratarmos de processos mentais, cognitivos e linguísticos, estes deixarão de ser unicamente pertencentes ao indivíduo como resultado do processo de desenvolvimento particular, mas processos que se constituem pela relação com o mundo no outro e pelo outro. Apontamos, sobretudo, que é por meio da sua atividade que o ser humano se constitui como um ser *práxico*.

Este capítulo tem, sobretudo, o papel de mostrar o olhar orientador de nossas leituras e do nosso estudo, o olhar que permitiu que questionamentos fossem feitos com maior propriedade. Por hora, apresentaremos alguns pressupostos fundamentais deste recorte teórico e adiante, nos demais capítulos, aprofundaremos algumas questões.

No início deste capítulo apresentamos, de maneira bem geral, a concepção marxista de ser humano. Esta introdução ao pensamento marxista nos é importante, pois o referencial em que estamos nos apoiando possui suas bases em tais pressupostos. Dadas as bases marxistas, nos aprofundamos, assim, nos autores da perspectiva que tem sido conhecida como Teoria da Atividade sócio-cultural-histórica, nos quais buscamos especificidades da formação do sujeito particular por meio da atividade ou das atividades que continuamente se estabelecem entre os seres humanos. É neste sentido que estamos buscando entender os processos de ensino-aprendizagem de uma maneira mais ampla, que não repousa somente em habilidades cognitivas individuais. Buscamos, sobretudo, compreender os processos de ensino-aprendizagem de física como caminhos para se atribuir novos sentidos ao mundo.

Apontamos que o grande arcabouço que estamos articulando apoia-se, em sua maioria, nos trabalhos de Vigotski, Bakhtin, Leontiev e Engeström; outros autores são buscados para dar suporte ao nosso entendimento desta perspectiva. Além de tais autores, apresentamos ainda, não com o mesmo peso que aqueles apresentam para nossa análise, alguns pressupostos da Teoria do Cotidiano de Agnes Heller. Entendemos que esta autora vem ajudar-nos a compreender certos compromissos aos quais os sujeitos continuamente se filiam diante do mundo e que acabam por cristalizar-se em absolutos, impedindo que reconheçam e apropriem-se da totalidade das produções humanas.

2.1 O ser humano e o trabalho: uma perspectiva marxista

Diante daquilo que acabamos de expor, alguns questionamentos se fazem pertinentes: O que é o ser humano? Quais são suas especificidades? Como se constitui o gênero humano? Que mundo é este do qual estamos falando?

Os seres vivos, de maneira geral, são influenciados pelo meio à sua volta. Os animais, ao interagirem com aquilo que os cerca, sempre o fazem de maneira a se adaptar ou saciar necessidades biológicas, como alimentação, sobrevivência, reprodução, e, para isto, dispõem de recursos que são próprios da sua espécie, como garras especiais, dentes adaptados, coloração específica que permite a camuflagem etc. Mesmo os animais que constroem coisas, como as abelhas, aranhas e aves, quando o fazem é lançando mão de uma habilidade herdada da sua espécie, não de uma faculdade mental adquirida pelo indivíduo particular ao longo do seu desenvolvimento ontogenético.

Marx (1983) comenta sobre o trabalho das aranhas, que, ao tecerem suas teias, o fazem como um habilidoso tecelão ou as abelhas que constroem suas caixas suspensas e são capazes de envergonhar um arquiteto habilidoso; porém, a diferença entre uma abelha e o pior dos arquitetos é que desde o início este último já tinha em sua mente o resultado final de sua obra. O homem, ao contrário destes animais, é capaz de agir conscientemente sobre o meio que o cerca. Os animais são capazes de modificar o meio à sua volta, porém o fazem de maneira muito restrita.

Em determinado momento do seu desenvolvimento filogenético, o ser humano adquiriu faculdades (biológicas, psicológicas etc.) para operar sobre o meio à sua volta e transforma-lo, realizar aquilo que conhecemos como trabalho e, ao fazer isso, modifica também as suas próprias condições de existência e cria novas necessidades que não mais as de sobrevivência e adaptação. É o trabalho, para Marx, que diferencia a atividade animal da atividade humana; o animal age para satisfazer suas necessidades, o ser humano, ao contrário, age para produzir meios de satisfazer suas necessidades (MARX & ENGELS, 2005). O ser humano ao produzir e modificar o mundo que o cerca, produz historicidade (PINO, 2000).

Neste caminho de transformação do mundo e de si mesmo, o ser humano passa a ser mais do que uma espécie biológica; na sua experiência no mundo e ao agir sobre ele, subordina sua evolução biológica, determinante nas demais espécies, a uma evolução de outro tipo – a cultural. Não significa dizer que a evolução biológica não desempenha mais nenhum papel, que as necessidades biológicas já não se fazem presentes, mas que estas já não são as principais para a constituição do gênero humano.

Neste sentido, não podemos em falar de mundo sem falar do homem e a sua ação. O mundo como o conhecemos – ou como temos acesso a ele - é resultado da atividade humana passada; os produtos objetivados em atividade de outras gerações passam a constituir o mundo dos novos indivíduos, que da mesma maneira o construirão-transformarão. É neste sentido que os indivíduos ao se apropriarem e darem sentido as coisas do mundo vão se constituindo como sujeitos do gênero humano, vão alcançando todas as potencialidades que não estavam presentes na espécie humana antes da sua evolução cultural. É a relação do sujeito com o mundo e com o outro, pela cultura, que o conduz a esta evolução e o constitui como ser humano no sentido lato do termo. Podemos dizer que existe um processo chamado humanização, que leva os indivíduos da espécie humana a adentrarem no gênero humano.

Figura 3: Gênero Humano e o processo de humanização

Nos parágrafos que acabamos de apresentar, estão brevemente descritas as bases marxistas da natureza do gênero humano. Marx, no entanto, não nos fornece as particularidades do processo de humanização ou da apropriação da experiência humana objetivada. Ele lança uma grande base, mas coube a outros estudiosos o posterior desenvolvimento de uma teoria, que apoiada nessa grande perspectiva, conseguisse contemplar os complexos processos da formação da mente e analisar a atividade humana de maneira mais cuidadosa. Segundo Vigostki:

“...o que, sim, pode ser buscado nos mestres do marxismo não é a solução da questão, e nem mesmo uma hipótese de trabalho (porque essas são obtidas sobre a base da própria ciência), mas o método de construção. Não quero receber de lambuja, pescando aqui e ali algumas citações, o que é a psique, o que desejo é aprender na globalidade do método de Marx como se constrói a ciência, como enfocar a análise da psique” (VIGOTSKI, 1927/1996, p. 395).

É para estes aspectos que voltaremos nossa atenção a partir de agora. De que maneira o tal método marxista, o materialismo histórico e dialético é capaz de proporcionar um olhar para a formação do gênero humano.

2.2 A formação social da mente e a mediação por artefatos culturais

“Strangers passing in the street
By chance two separate glances meet
And I am you and what I see is me
And do I take you by the hand
And lead you through the land
And help me understand the best I can”
Echoes – Pink Floyd

Vigotski em seu manuscrito “Psicologia humana concreta” (VIGOTSKI, 1929/2000) afirma que o ser humano é um conjunto de relações sociais incorporadas em um indivíduo. Nesta afirmação, aparentemente simples e passível de diversas interpretações se não conhecidas as bases na qual está enunciada, está contida uma tese fundamental de toda a obra de Vigotski, com apoio em Marx - a da formação social da mente humana. A tese que o homem se constitui na sua relação com o mundo que o cerca, mundo de relações sociais, históricas e culturais.

Esta tese, na qual nos apoiamos para falar dos processos mentais do ser humano, é descrita pela “lei genética geral do desenvolvimento cultural” de Vigotski, que afirma que as funções psicológicas são, num primeiro momento, relações entre sujeitos, no plano intermental, e só posteriormente intramental. Os processos mentais superiores, como o pensamento verbal, a memória, a lógica e a atenção seletiva, são gerados nas interações sociais (VIGOTSKI, 2001). Nesta perspectiva devemos deslocar nossa atenção do indivíduo isolado para o meio social e para as práticas culturais em que está inserido, somente assim conseguiremos um completo entendimento do funcionamento mental deste indivíduo (WERTSCH & TULVISTE, 2002).

Wertsh (1985) destaca, na obra de Vigotski, três domínios genéticos no qual esta análise pode ser feita, o filogenético, ontogenético e microgenético. No filogenético, a análise está voltada para o desenvolvimento do homem como espécie; o domínio ontogenético está relacionado com o desenvolvimento e a história do indivíduo, com o conjunto das suas experiências particulares; no terceiro domínio, o microgenético, dedica-se às interações mais específicas em que os indivíduos estão envolvidos. Em qualquer nível de análise, não se pode esquecer que todos estes domínios estão imbricados.

Partindo da tese de que a ação do homem é sempre mediada⁵, Vigotski (2001) distingue os dois tipos de instrumentos, os técnicos e os psicológicos, porém dedica grande parte da sua atenção aos instrumentos psicológicos, como a linguagem. Ressaltamos que não existe uma dicotomia entre os instrumentos técnicos e os psicológicos, muito menos entre instrumentos de ação e de pensamento. Os instrumentos são artefatos produzidos culturalmente, uma vez que não são dados pela natureza, e carregam consigo marcas das gerações humanas passadas e sua atividade, marcas culturais que remetem as relações existentes quando da produção ou significação destes artefatos. Leontiev faz uma análise dessa característica:

⁵ Para Marx, uma das especificidades da ação humana é a de ser mediada, em outras palavras, o ser humano age sempre por meio de instrumentos mediadores. Esta noção de mediação é fundamental para Vigotski.

“O mundo real, imediato, do homem, que mais do que tudo determina sua vida, é um mundo transformado e criado pela atividade humana. Todavia, ele não é dado imediatamente ao indivíduo, enquanto mundo de objetos sociais, de objeto encarnando aptidões humanas formadas no decurso do desenvolvimento da prática sócio-histórica enquanto tal apresenta-se a cada indivíduo como um problema a resolver. É isto que explica que quando se colocam objetos da cultura material humana na gaiola de um animal, se bem que eles não percam evidentemente qualquer das suas propriedades físicas, torna-se impossível manifestações das propriedades específicas que estes tem para o homem; eles aparecem como simples objetos de adaptação ou de equilíbrio, isto é, como elemento do meio natural do animal”. (LEONTIEV, 2004, p. 178)

O que Leontiev está apontando é que mesmo artefatos técnicos carregam marcas da cultura humana e da atividade da qual são originados. Uma chave de fenda, por exemplo, é um artefato carregado de significado cultural, desta maneira, aquele que queira utilizar desta ferramenta precisa conhecer, ao menos, algum detalhe da atividade para qual esta ferramenta foi concebida ou ela simplesmente servirá como um pedaço de metal e adquirirá uma função totalmente diversa daquela de apertar parafusos.

Outro aspecto importante dos instrumentos mediadores é que eles alteram por completo o fluxo ou a dinâmica da atividade, que antes era realizada sem mediação ou com outro instrumento mediador, seja técnico ou psicológico. Nas sociedades primitivas, por exemplo, a introdução da pedra lascada, como ferramenta, promove alterações significativas no mecanismo de caça e alimentação, modificando assim as condições de vida dos seres humanos, ocasionando, inclusive, outras necessidades, como a de buscar novas ferramentas, como a pedra polida.

Um aspecto fundamental é que o instrumento mediador não possui sentido único de ação, ele tem a capacidade de agir sobre o indivíduo que dele se apropria e utiliza, ou seja, seu efeito não ocasiona modificações somente no objeto ou na estrutura da atividade, mas também no indivíduo.

A relação básica da mediação consiste na introdução de um terceiro elemento na relação direta “Estímulo-Resposta” de qualquer ação, fazendo com esta relação não seja mais direta. Este é o exemplo mais simples de mediação e para Vigotski:

“O elo intermediário nessa fórmula não é simplesmente um método para aumentar a eficiência da operação preexistente, tampouco representa meramente um elo adicional na cadeia S-R. Na medida em que esse estímulo auxiliar possui a função específica de ação reversa, ele confere à operação psicológica formas qualitativamente novas e superiores, permitindo aos seres humanos, com o auxílio de estímulos extrínsecos, controlar seu próprio comportamento. O uso de signos conduz os seres humanos a uma estrutura específica de comportamento que se destaca do desenvolvimento biológico e cria novas formas de processos psicológicos enraizados na cultura.” (VIGOTSKI, 2007, pág. 34)

Figura 4: Relação direta

Figura 5: Relação mediada

Tomemos como exemplo a tarefa de memorizar algo; a figura 4 ilustraria esta situação sem mediação, o esforço mental para conectar um estímulo S a uma resposta R, é feito diretamente, enquanto na situação ilustrada na figura 5 a relação é

substituída por outras duas, S-X e X-R; onde X é um instrumento que faz a mediação, por exemplo, uma marca de caneta na mão para servir de recurso mnemônico para a memorização.

Figura 6: Representação mais tradicional da mediação

A atenção de Vigotski, em grande parte do seu trabalho, está voltada para a linguagem como constitutiva do ser humano e analisa como seu aparecimento é capaz de alterar e controlar o fluxo da atividade mental, seja no domínio filogenético, quando a espécie humana passa a simbolizar por meio da linguagem e se diferencia por completo das outras espécies, seja no domínio ontogenético, quando a criança passa a operar com a linguagem e tem a sua estrutura mental modificada em relação as operações que realizava antes do aparecimento da linguagem. A unidade de análise que Vigotski utiliza é o significado das palavras, uma vez que o significado não é interior, mas fruto de uma relação social-cultural-histórica, uma relação que antes de ser interior era exterior, alimentando uma tensão dialética interno-externo. É o significado responsável por colocar o individual e o social em contato. Além da linguagem, os instrumentos de mediação podem ser os sistemas de contagem, técnicas mnemônicas, símbolos algébricos, obras de arte, esquemas, diagramas, mapas e desenhos; todos os tipos de signos convencionais (VIGOTSKI, 2007).

Este contato entre o individual e social acontece, para Vigotski, na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), região que consiste das potencialidades ainda não completamente maturadas:

“A criança é capaz de imitar uma série de ações que ultrapassam suas próprias competências, mas somente dentro de limites. Por meio da imitação, a criança é capaz de desempenhar muito melhor quando

acompanhada e guiada por adultos do que quando deixada sozinha, e pode fazer isso com entendimento e independência. A diferença entre o nível de tarefas resolvidas que podem ser desempenhadas com orientação e auxílio de adultos e o nível de tarefas resolvidas de modo independente é a zona de desenvolvimento proximal” (HEDEGAARD, 2002, p. 200).

É na ZDP que as práticas sociais e que os instrumentos mediadores podem ser internalizados-externalizados e que os significados podem ser negociados. Uma consequência direta disto ao ensino é que ele deve estar à frente do desenvolvimento real do indivíduo, deve operar na ZPD estimulando o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos; a atenção do processo de ensino-aprendizagem volta-se também para a sua dinâmica e não somente para o produto, uma vez que é necessário que os limites da ZPD sejam conhecidos desde o planejamento e também durante a realização da atividade educacional. Aqui encontramos um ponto fundamental e de divergência entre as perspectivas educacionais pautadas em Piaget e Vigotski. Para Piaget, um indivíduo somente pode aprender algo se o seu desenvolvimento, no que diz respeito ao que vai ser ensinado, estiver completo⁶. Em outras palavras, o processo de ensino-aprendizagem deve vir associado ao desenvolvimento do sujeito, mas sempre um passo atrás; primeiro o desenvolvimento depois a aprendizagem, nunca ao contrário. Por outro lado, Vigotski não separa desenvolvimento de processo de ensino-aprendizagem no sentido lato do termo ou mais específico – ensino formal. É o processo de ensino-aprendizagem que proporciona o desenvolvimento, ou dir-se-ia que o processo de ensino-aprendizagem é o próprio desenvolvimento, dialeticamente.

O professor, na maioria das vezes, é aquele, que na escola, desempenha o papel do parceiro capaz, que é responsável por negociar-comunicar os elementos mais elaborados da cultura humana. O parceiro mais capaz tem o papel fundamental no

⁶ As teorias de Piaget encontram-se fortemente baseadas numa perspectiva biológica de indivíduo. Os processos de assimilação, equilibração e acomodação remetem aos processos adaptativos dos seres vivos em geral, analisados pela biologia.

processo de apropriação, por parte dos alunos, da experiência humana objetivada na cultura em que está imerso. Este é o processo que temos chamado de humanização. Não é possível alcançar um posto no gênero humano sem a apropriação de formas tipicamente humanas. É neste sentido que:

“O indivíduo se forma, apropriando-se dos resultados da história social e objetivando-se no interior dessa história, ou seja, sua formação se realiza através da relação entre objetivação e apropriação. Essa relação se efetiva sempre no interior de relações concretas com outros indivíduos, que atuam como mediadores entre ele e o mundo humano, o mundo da atividade humana objetivada. A formação do indivíduo é, portanto, sempre um processo educativo, mesmo quando não há uma relação consciente (tanto de parte de quem se educa, quanto de parte de quem age como mediador) com o processo educativo que está se efetivando no interior de uma determinada prática social” (DUARTE, 1993, p. 47-48).

Existem ainda outros sentidos atribuídos a ZDP; ela recebe, por exemplo, uma interpretação mais social, constituindo-se da distância entre a experiência cotidiana dos indivíduos e o conhecimento cultural disponível, fornecido geralmente pelo ensino (LAVE & WENGER, 2002). Ainda nesta perspectiva coletiva de interpretação, Engeström define ZDP como “a distância entre as ações cotidianas dos indivíduos e as novas formas históricas de atividade social que podem ser coletivamente geradas como solução para o duplo vínculo potencialmente inserido nas ações cotidianas” (ENGESTRÖM, 1987, P. 174).

A Zona de Desenvolvimento Proximal não deve ser entendida como uma região estática, delimitada somente pelo desenvolvimento biológico dos indivíduos, mas como uma região que vai dinamicamente sendo modificada a cada nova interação, a cada novo conceito aprendido ou significado negociado, a cada atividade social gerada

coletivamente, seja na interpretação que se aproxima mais da individual quanto na ZDP coletiva.

Como aponta Magalhães (2009), muitos autores mantiveram sua atenção à ZDP de forma dualista e interacionista, mantendo o foco somente na diferença entre o que se pode fazer sozinho e o que se pode fazer com os outros e exclusivamente nos meios pelo qual a atividade é realizada. Para Vigotski, e para o materialismo histórico-dialético, o método (meio de realizar) é ao mesmo tempo pré-requisito e produto, instrumento-e-resultado, e não algo independente da atividade produtiva. Como destacam Newman e Holzman (2002), o instrumento-e-resultado não possui um significado pré-estabelecido ou identidade social pré-fabricada que independe da atividade. Constituem-se, porém, como instrumentos somente à medida que o produto vai sendo reconhecido como produto; são inseparáveis e é a atividade produtiva que define os dois. É neste sentido que a ação humana no mundo deve ser prático-crítica; esta é a definição da práxis no materialismo histórico-dialético: o método deve ser algo praticado e não simplesmente utilizado; o método não deve ser pragmático e funcional. A ZDP, então, não deve ser entendida como uma abstração indissociável da vida de quem a produz. É na ZDP que a característica prático-crítica da ação humana pode desenvolver-se, levando ao desenvolvimento no seu sentido mais amplo, como concebido por Vigotski. Para Magalhães (2009):

“Isto significa que as ações dos indivíduos são motivadas pelas ações dos outros e produzidas a partir das ações dos outros, uma vez que todos os participantes estão envolvidos de forma colaborativa na negociação, na criação de novos significados que pressupõem novas organizações dos envolvidos e não apenas a aquisição de conteúdos particulares. É o que Newman e Holzman (2002) afirmam sobre o conceito de desenvolvimento significar ‘mudar totalidades’ em lugar de ‘mudar particulares’” (MAGALHÃES, 2009, p. 59).

É importante salientar que a ZDP é, então, o espaço compreendido entre o que os participantes “são” e “o que estão em processo de tornar-se” - é a relação entre “ser” e “tornar-se” (MAGALHÃES, 2009, p. 59).

É do espaço interpessoal, da interação entre indivíduos e por meio da ação prático-crítica - da práxis e de mudar totalidades - que o ser humano é capaz de objetivar os signos, a linguagem, os conceitos e todos os produtos ideológicos que serão analisados na próxima seção.

2.3 Os signos, a linguagem e os conceitos

*“There's a sign on the wall but she wants to be sure
'cause you know sometimes words have two meanings”*

Stairway to Heaven - Led Zeppelin

Nesta perspectiva, apresentada até aqui, existe uma tensão dialética entre o que é interior-individual e o que é exterior-social. A análise destas tensões pode ser ampliada apoiando-nos em Bakhtin, que contribui em diversos aspectos e se entrelaça com a proposição teórica desenvolvida por Vigotski na sua análise das relações entre pensamento e linguagem.

Bakhtin chama os produtos da atividade humana de produtos ideológicos, a linguagem é um desses produtos; para ele, a palavra é o modo mais puro e sensível de relação social e é “o signo ideológico por excelência” (BAKHTIN, 2006, p. 36). A um produto ideológico é creditada certa realidade; é um objeto físico como qualquer outro, porém um produto ideológico é capaz de remeter a algo externo a ele; é capaz de “refletir e refratar uma outra realidade” (*ibidem*, p.29). A palavra sem ideologia deixa de ser um signo e passa a ser somente um objeto físico, é simplesmente um sinal, que pode ser reconhecido; um signo, por outro lado, pode ser decodificado. É na interação entre duas consciências individuais que os signos emergem (*ibidem*, p.32). Bakhtin ainda afirma que:

“Para que o objeto, pertencente a qualquer esfera da realidade, entre no horizonte social do grupo e desencadeie uma reação semiótico-ideológica, é indispensável que ele esteja ligado às condições sócio-econômicas essenciais do referido grupo, que concerne de alguma maneira às bases de sua existência material.” (*ibidem*, p. 44).

Uma palavra somente é um signo porque não tem o seu significado estático. Se a palavra representasse sempre a mesma coisa ela seria um sinal. É a sua constante evolução de sentidos e significados que faz com que a palavra seja um produto ideológico. A palavra somente tem sentido quando mergulhada em uma ideologia, num contexto social específico, os signos são polissêmicos.

“Os signos só emergem, decididamente, do processo de interação entre uma consciência individual e uma outra. E a própria consciência individual está repleta de signos. A consciência só se torna consciência quando se impregna de conteúdo ideológico (semiótico) e, conseqüentemente, somente no processo de interação social”. (*ibidem*, p.32)

Os signos, apesar de certa estabilidade de significado, adquirem tantos sentidos quantos forem os contextos específicos nos quais estão sendo utilizados. A palavra terra, por exemplo, possui um significado relativamente bem estabelecido para aqueles que falam o português, porém, *terra* para um morador sem-terra adquire um sentido bastante diverso daquele dado por um morador de uma grande cidade.

“O sentido da palavra é totalmente determinado por seu contexto. De fato, há tantas significações possíveis quantos contextos possíveis.

No entanto, nem por isso a palavra deixa de ser una. Ela não se desagrega em tantas palavras quantos forem os contextos nos quais ela pode se inserir. Evidentemente, essa unicidade da palavra não é somente assegurada pela unicidade de sua composição fonética; há também uma unicidade inerente a todas as suas significações. Como conciliar a polissemia da palavra com sua unicidade? É assim que podemos formular, de modo grosseiro e elementar, o problema fundamental da semântica. Esse problema só pode ser resolvido pela dialética”. (*ibidem*, p. 106)

É nisto que consiste a decodificação dos signos, compreender que a cada nova enunciação novas possibilidades de sentido emergem, compreender o novo contexto que surge a partir de cada interação entre interlocutores. O processo de descodificação não consiste em identificar a palavra como um sinal ou uma forma linguística, mas compreendê-la num contexto particular de enunciação (*ibidem*, p.93). O diálogo é mediado e situado pelo contexto imediato dos interlocutores, contexto este que evolui com o diálogo. Ao enunciar, o falante o faz de uma posição única em relação aos seus interlocutores, ele fala para alguém, num contexto específico; cada enunciação pressupõe uma resposta, mesmo que distante no tempo ou no espaço.

Um enunciado traz consigo uma multiplicidade de vozes, ele é sustentado por enunciados que vieram antes dele e carrega vozes que pertencem ao mesmo grupo social, à mesma ideologia, vozes que possuem características que as fazem pertencer a conjuntos de enunciados relativamente estáveis, os *gêneros do discurso* (BAKHTIN, 1997).

De cada grupo social ou de cada esfera da atividade humana emergem signos próprios, características linguísticas singulares, enunciados particulares ou gêneros do discurso que os permitem comunicar, controlar a si mesmo e aos outros e agir sobre o mundo que os cerca por meio destes instrumentos mediadores – processo de se constituir humano por meio da linguagem.

O ser humano, num primeiro momento, entra em contato com o mundo por meio das faculdades que lhe são dadas pela sua espécie; a evolução cultural não é transmitida pelo mesmo mecanismo biológico da evolução da espécie, porém vai se apropriando do mundo e dos seus sentidos e significados, muitos dos quais já estavam presentes na cultura – atribuídos por outrem. Para Leontiev:

“A significação é aquilo que num objeto ou fenômeno se descobre objetivamente num sistema de ligações, de interações, de relações objetivas. A significação é refletida e fixada na linguagem, o que lhe confere estabilidade” (LEONTIEV, 2004, p. 100).

A significação possui estabilidade, ela é a forma cristalizada da experiência humana e das práticas sociais. É ao longo de sua vida que o homem apropria-se de significações e, ao fazer isto, está assimilando a experiência humana generalizada⁷. A significação independe da relação individual, pois constitui-se muitas vezes de um sistema já pronto e aquilo que o sujeito assimila, ou não, está em certo grau relacionado aos sentidos pessoais que se dá a tais significados. Os sentidos relacionam-se à “relação objetiva que se reflete no cérebro do homem, entre aquilo que o incita a agir e aquilo para o qual a sua ação se orienta como resultado imediato” (*ibidem*, p. 103). Ou seja, “o sentido consciente traduz a relação do motivo ao fim” (*ibidem*). Leontiev utiliza-se do exemplo de um aluno que deve ler uma obra científica e do sentido que tal ação apresenta; se o motivo da leitura é preparar o aluno para sua futura profissão, o sentido será totalmente diverso daquele de ler somente para passar em um exame.

Leontiev defende ainda que a significação, mesmo como fato da consciência, não tem seu conteúdo objetivo perdido – a significação não é um algo puramente psicológico. Aponta que as significações não possuem existência fora dos cérebros humanos e que não existe um mundo platônico das significações, um mundo cujos

⁷ Estabilizada, jamais no sentido de idealizada ou de um mundo platônico de experiências humana.

significados sejam dados independentes da atividade produtiva humana (fora da práxis). Para ele, um conceito não deixa de ser conceito quando se torna um conceito de um indivíduo:

A significação, enquanto fato da consciência individual, não perde por isso o seu conteúdo objetivo; não se toma de modo algum uma coisa puramente ‘psicológica’. Naturalmente, o que eu penso, compreendo e sei do triângulo, pode não coincidir perfeitamente com a significação ‘triângulo’ admitida na geometria moderna. Mas não é uma oposição fundamental. As significações não têm existência fora dos cérebros humanos concretos; não existe qualquer reino de significações independente e comparável ao mundo platônico das ideias. Por consequência, não podemos opor uma significação ‘geométrica’, lógica e, em geral, objetiva, a esta mesma significação na consciência de um indivíduo enquanto significação psicológica particular. A diferença não é entre o lógico e o psicológico, mas entre o geral e o particular, o individual. Um conceito não deixa de ser conceito quando se torna o conceito de um indivíduo. Poderia existir um conceito que não fosse o de uma pessoa? (*ibidem*, p. 101).

Por outro lado, quando se fala em conceitos, Vigotski entende que:

“... um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização,..., o conceito é um ato de generalização⁸.” (VIGOTSKI 2001, p. 246).

⁸ Pazello (2011), ao analisar o conceito de generalização em várias áreas do conhecimento e sobretudo nas obras de Vigotski, aponta que generalização deve ser entendida como o processo de ascensão ao concreto complexificado; processo ao qual o autor tem chamado de hipercontextualização para se

Vigotski afirma que no momento em que uma criança aprende pela primeira vez o significado de uma palavra o processo de desenvolvimento do conceito está apenas começando, a partir daí passam a acontecer complexos processos psicológicos que levam o conceito, de uma vaga noção, passando por uma aplicação pela criança até a sua completa assimilação (*ibidem*, p.350).

“O resultado mais importante de todas as investigações nesse campo é a tese solidamente estabelecida segundo a qual os conceitos psicologicamente concebidos evoluem como significado das palavras. A essência do seu desenvolvimento é, em primeiro lugar, a transição de uma estrutura de generalização a outra... (a palavra) no início ela é uma generalização do tipo mais elementar que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado, culminando o processo de formação dos verdadeiros conceitos.” (*ibidem*, 2001, p. 246).

Vigotski faz distinção entre conceitos espontâneos e conceitos científicos. Os primeiros estão enraizados nas experiências da criança e possuem baixo grau de abstração, enquanto os científicos são os conceitos pertencentes a sistema conceitual mais elaborado, com maior grau de abstração ou generalidade, relacionados, por exemplo, às disciplinas escolares.

A partir do final da década de 1950, as visões empiristas acerca da produção do conhecimento científico passam a ser analisadas criticamente por diversos filósofos da ciência, como Thomas Khun, com sua análise da *ciência normal* e a *revolução*

contrapor às concepções que tomam o processo de generalização como descontextualização, ou seja, que entendem que os conceitos generalizados são independentes de quaisquer contextos. O processo de hipercontextualização constitui-se do reconhecimento cada vez mais amplo dos contextos de aplicação do conceito – e não da ausência de contextos.

*científica*⁹. A isto se acresce a grande aceitação das ideias de Piaget entre os pesquisadores em ensino de ciências, o que impulsionou o movimento conhecido como Mudança Conceitual ou Movimento das Concepções Alternativas, cujo lema era substituir os conceitos espontâneos pelos conceitos científicos seguindo os possíveis moldes das revoluções que acontecem na ciência.

Os alunos trazem consigo conceitos que são frutos das suas experiências pessoais, embebidos pelo senso comum da experiência cotidiana, que na maioria das vezes chocam-se com os conceitos cientificamente aceitos. O papel do ensino seria, então, sob este ponto de vista, fazer com que o aluno abandone as antigas ideias e passe a trabalhar com o conjunto de conceitos fornecido pela ciência. Este pressuposto da Mudança Conceitual parece falhar (GALILI & BAR, 1992; MORTIMER, 1995), pois os alunos, apesar de terem aprendido o conceito científico, não abandonavam as antigas concepções e somente utilizavam os conhecimentos científicos em situações de sala de aula.

Vigotski nos dá uma razão para que os conceitos cotidianos não sejam abandonados, eles estão fortemente vinculados à vida do sujeito, eles percorrem um longo caminho durante o desenvolvimento do sujeito, um caminho bastante diverso daquele percorrido pelo conceito científico, e, apesar de possuírem fraquezas, possuem muitas vantagens que os conceitos científicos não apresentam dependendo do contexto em que serão utilizados (VIGOTSKI, 2001, p.263).

Ao falar dos conceitos científicos, Vigotski defende que:

“[...]o conceito científico pressupõe seu lugar definido no sistema de conceitos, lugar esse que determina a sua relação com outros conceitos. Marx definiu com profundidade a essência de todo conceito científico: ‘Se a forma da manifestação e a essência da coisa coincidissem imediatamente, toda ciência seria desnecessária’... Por isso o conceito científico pressupõe necessariamente outra relação

⁹ Adiante, no capítulo 3, nos deteremos a analisar o que tem sido chamada de “Nova Filosofia da Ciência” da qual Kuhn é um expoente; sua obra será analisada.

com os objetos, só possível no conceito, e esta outra relação com o objeto, contida no conceito científico, por sua vez pressupõe necessariamente a existência de relações entre os conceitos, ou seja, um sistema de conceitos.” (*ibidem*, p. 293-294)

Nesta passagem Vigotski define melhor o que pode caracterizar um conceito científico, a sua relação com um sistema de conceitos. Defende ainda, apoiado em Marx, que a representação do objeto e a sua essência não coincidem, caso contrário, toda ciência seria desnecessária. Esta citação de Marx vem reforçar a ideia de que os conceitos científicos não são construções independentes da prática humana.

Ainda segundo Vigotski (2001):

“O conceito espontâneo, que passou de baixo para cima por uma longa história em seu desenvolvimento, abriu caminho para que o conceito científico continuasse a crescer de cima para baixo, uma vez que criou uma série de estruturas indispensáveis ao surgimento de propriedades inferiores e elementares do conceito. De igual maneira, o conceito científico, que percorreu certo trecho de seu caminho de cima para baixo, abriu caminho para o desenvolvimento dos conceitos espontâneos, preparando de antemão uma série de formações estruturais indispensáveis à apreensão das propriedades superiores do conceito. Os conceitos científicos crescem de cima para baixo através dos espontâneos. Estes abrem caminho para cima através dos científicos” (*ibidem*, p. 349-350).

Desta maneira, para Vigotski, os conceitos cotidianos não só não podem ser erradicados como não devem – eles desempenham um papel fundamental na construção dos conceitos científicos e no desenvolvimento cognitivo do ser humano. Cada qual possui a sua validade e importância.

Diante disto surge a proposta, feita originalmente por Mortimer (1995), do Perfil Conceitual. Tal modelo nos permite entender que um conceito possui múltiplos sentidos que podem coexistir; um conceito não precisa ser substituído por outro; por exemplo, um conceito cotidiano não é substituído por um científico, mas os dois passam a conviver e são utilizados dependendo do contexto que o sujeito vivencia. Estes múltiplos sentidos podem ser chamados de zonas do perfil conceitual. Por exemplo, uma pessoa pode conhecer as Leis da Termodinâmica e utilizá-las com maestria na escola, em suas pesquisas, num grupo de cientistas; e pode, em outro contexto, na sua casa, por exemplo, pedir um cobertor a alguém para se aquecer (ideia cotidiana) e não para evitar a troca de calor com o ambiente (ideia aceita cientificamente). O perfil conceitual é composto por dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas (RODRIGUES & MATTOS, 2006; 2007; DALRI, 2010), que estão ligadas aos contextos de uso, logo às atividades que são subconjuntos das atividades humanas mais gerais. Neste quadro, a aprendizagem pode ser entendida como uma evolução do perfil conceitual, que significa um reconhecimento cada vez mais complexo da utilização dos múltiplos sentidos nos seus respectivos contextos de validade.

Os conceitos, sejam os cotidianos ou científicos, não são possuídos pelos indivíduos, eles são parte da cultura, os indivíduos deles se apropriam para seu próprio uso ou para o propósito do seu grupo (WELLS, 2008, p.330). Os conceitos cotidianos têm sua origem nas experiências cotidianas dos indivíduos mediadas pela cultura do senso comum e seus participantes. Os conceitos científicos são frutos da cultura científica, da interação de seus participantes e estão presentes na vida das pessoas através do ensino formal, por exemplo.

Para Wertsch:

“A questão não é se devemos começar (a análise) com as ferramentas culturais ou com as individuais. Em vez disso, trata-se de entender a tensão fundamental e irreduzível entre esses dois aspectos da ação mediada que são analiticamente distintos mas inextricavelmente conectados na realidade. Por um lado, as

ferramentas culturais não podem desempenhar nenhum papel na ação humana se não forem apropriadas por indivíduos concretos agindo em contextos específicos. Por outro lado, não podemos agir como humanos sem invocar ferramentas culturais”. (WERTSCH apud DANIELS, 2002, p.25)

Quando se fala sobre conceitos como ferramentas mediadoras deve-se ter em mente que não existe um conjunto universalmente aceito delas, ou seja, um conjunto de conceitos que podem ser utilizados em qualquer situação independente do contexto e dos indivíduos que participam da atividade (WELLS, 2008, p. 332). Significa dizer que mesmo os conceitos científicos não têm validade universal absoluta. Eles têm o seu lugar de aplicação e o seu contexto de validade.

Cabe ressaltar, novamente, que os conceitos científicos não nos são dados pela natureza, mas são construções e negociações de indivíduos que participam da comunidade científica, não possuem o mesmo significado em todos os contextos uma vez que estão condicionados as mesmas regras de significação de todos os produtos ideológicos, como defendido por Bakhtin (2006). É a atividade humana que tais objetivações desempenham seu papel.

2.4 A estrutura da Atividade Humana – Leontiev e Engeström

Nas seções anteriores discutimos aspectos acerca do trabalho do homem, da mediação por artefatos culturais e o papel dos signos e conceitos como instrumentos de mediação no mundo. Faz-se necessário também olhar com mais calma a estrutura da atividade humana nos moldes propostos por Leontiev e posteriormente por Engeström.

Para Leontiev (2004), a atividade humana se estrutura a partir de necessidades, sejam elas do domínio biológico, como saciar a fome, proteger-se do frio ou de necessidades culturais, como aprender a utilizar uma nova ferramenta para a resolução de um determinado problema. Não estamos sugerindo, em hipótese alguma, uma dicotomização entre necessidades biológicas e necessidades culturais, visto a complexa interconexão que elas podem apresentar – “saciar a fome” pode constituir-se de uma necessidade puramente biológica e primitiva, mas, por outro lado, também pode apresentar-se altamente imbuída de um conteúdo sócio-histórico-cultural. O contínuo movimento de saciar necessidades leva ao surgimento de outras necessidades qualitativamente diferentes relacionadas às condições materiais da vida humana, a dinâmica da atividade se dá pelas contínuas contradições internas e externas à ela que se fazem presentes.

Enquanto na atividade animal existe uma fusão entre motivo (o que leva a fazer) e objeto (para onde se dirige), na atividade humana a divisão social do trabalho dá sentido às ações individuais e proporciona a separação entre objeto e motivo. Esta característica é bem analisada por Leontiev (2004) em seu exemplo da atividade de caça realizada por um grupo humano primitivo. Ele aponta que a ação daquele indivíduo que espanta o animal, com o intuito de levá-lo a um local onde os outros caçadores o possam apanhar, se analisada individualmente, parece contradizer o objetivo geral da atividade que é capturar a presa para saciar a fome. O sentido de sua ação transcende o indivíduo e repousa sobre as complexas relações sociais entre os participantes da atividade expressas na divisão social do trabalho.

Ainda segundo Leontiev, a atividade é constituída de ações e operações que em diferentes níveis coordenam-se para gerar um nível superior na hierarquia, ou seja, as operações (relacionadas a condições instrumentais) quando coordenadas geram ações (com fins específicos), e estas quando coordenadas compõe a atividade (com seu motivo) (figura 7). No recorte analítico que fazemos, as operações constituem-se de atividades já internalizadas (realizadas de maneira mais automática, sem necessidade de deter-se atentamente a elas) e que dão suporte e modelam as ações que se situam no nível hierárquico superior.

Atividade	↔	Motivo
Ação	↔	Objetivo
Operação	↔	Condições instrumentais

Figura 7: A estrutura da atividade proposta por Leontiev.

O que dá sentido as ações de cada indivíduo é a relação social existente entre ele e o restante do grupo. O entendimento das ações somente pode ser feito se entendemos o motivo geral da atividade. Por exemplo, a ação do indivíduo que espanta o animal não levará ao objetivo de saciar a sua fome se analisada de forma independente do restante do grupo. Sua ação adquire sentido quando entendemos que o seu papel social é o de espantar o animal para que aqueles que estão à espreita possam capturá-lo.

Dalri *et al.* também nos fornecem um exemplo quando ilustram a atividade de um agricultor:

“[...] O agricultor tem a necessidade de se alimentar e alimentar sua família – uma necessidade básica de todo o ser humano. O motivo da atividade de plantar é saciar a fome. Mas para obter o alimento, ele precisa preparar a terra, plantar as sementes, cuidar da plantação até ela estar pronta para a colheita e, então, os frutos serem preparados/beneficiados e ficarem próprios para o consumo. Essas ações (preparar a terra, lançar as sementes, etc.) não conduzem diretamente ao alimento; elas têm um fim específico (preparar a terra – deixar a terra pronta para receber as sementes) que não coincide com o motivo da atividade geral que é saciar a fome. Mas, conjuntamente, essas ações realizam a atividade. Ainda temos as operações, que realizam as ações e, estas, a atividade. No caso do agricultor, quando prepara a terra ele executa outras “pequenas ações” – manusear o arado, por exemplo –, com fins também específicos, as quais chamamos operações.” (Dalri *et al.*, 2007, p. 6).

É neste sentido que Leontiev afirma que a consciência não pode formar-se senão a partir da vida real, da estrutura de atividade da qual os sujeitos participam. Ele rejeita toda concepção metafísica de ser humano, que isola o indivíduo de sua vida real e se esforça em mostrar que a dada estrutura de atividade corresponde uma estrutura psíquica que se conserva nas diferentes etapas da consciência humana (LEONTIEV, 2004). Duarte (2002, p. 280) afirma que a Teoria da Atividade é “um desdobramento do esforço por construção de uma psicologia sócio-histórico-cultural fundamentada na filosofia marxista” e que apesar da denominação ‘teoria da atividade’ ter aparecido somente nos trabalhos de Leontiev ela também tem sido utilizada para se referir aos trabalhos de Vigotski, como acontece na interpretação de Engeström. Atualmente a Teoria da Atividade transcende o campo da psicologia “abarcando campos como a educação, a antropologia, a sociologia do trabalho, a linguística, a filosofia” (*ibidem*, p. 280).

A partir das considerações de Leontiev e dada a importância que a mediação representa para a atividade humana, Engeström (1987) amplia a relação basilar entre sujeito e objeto mediada por instrumentos introduzindo outras relações fundamentais, como a mediação que as regras desempenham entre sujeito e comunidade, ou ainda a mediação entre objeto e comunidade por meio da divisão social do trabalho (figura 8), dando a possibilidade de se compreender as condições em que sujeito, objeto e instrumento estão mergulhados – primordiais para a análise das ações humanas e os sentidos à elas atribuídos.

Um desdobramento posterior da Teoria da Atividade, idealizado por Engeström, é desenvolvido como ferramenta para compreender o diálogo, as múltiplas perspectivas e as conexões de sistemas de atividades interagindo (Engström, 2001), sua representação está presente na figura 9. Temos ali pelo menos dois sistemas de atividades distintos postos em contato, cada um com seus sujeitos, instrumentos, regras, comunidades, divisões do trabalho e objetos distintos.

Figura 8: Atividade humana – Engeström (1987)

Figura 9: Dois sistemas de atividades distintos interagindo

2.5 A atividade humano-genérica e a atividade cotidiana

Em uma perspectiva muito próxima a de Leontiev, no que diz respeito ao desenvolvimento do psiquismo humano, Heller (2008) analisa a atividade humana e dedica grande esforço à caracterização daquilo que chama de *atividade cotidiana*, em contraposição à *atividade humano-genérica*. Apesar da dupla caracterização, não se

pode, segundo Heller, traçar uma linha divisória bem demarcada, uma “muralha chinesa”, entre a atividade humano-genérica e a atividade cotidiana. Não se deve, ainda, na análise proposta por Heller, tomar “atividade cotidiana” como sinônimo de “atividade realizada diariamente”, de todo dia.

Atividades cotidianas, segundo Duarte (2007), estão relacionadas à reprodução do indivíduo singular, que pertencendo a um grupo particular do gênero humano deve apropriar-se de objetivações como a linguagem, as regras e os costumes; processo que ocorre sem que necessariamente se tenha uma relação consciente com tais objetivações ou com seu mecanismo de produção/reprodução; isto é, são apropriações que ocorrem de maneira “espontânea”, como segurar um copo ou utilizar talheres, por exemplo. No que diz respeito ao amadurecimento de um indivíduo, é adulto aquele que, por si só, é capaz de viver a sua cotidianidade.

Por outro lado, as atividades humano-genéricas constituem-se nos âmbitos não cotidianos da vida humana e contribuem para a manutenção/reprodução do gênero humano. São objetivações humano-genéricas a ciência, a arte, a filosofia, a moral e a política (DUARTE, 2007).

Para Heller (2008), a vida cotidiana é a vida de todo indivíduo¹⁰. Ninguém consegue desligar-se por completo dela, e nem por outro lado, por mais insubstancial que seja, ser completamente absorvido pela sua cotidianidade. É na vida cotidiana que se participa com todos os aspectos da individualidade e personalidade humanas; é nela que todas as capacidades, paixões e sentidos são colocados “em funcionamento” e é por este fato, o da heterogeneidade da vida cotidiana, que nenhum destes aspectos pode realizar-se em plenitude. Para que ocorra a elevação acima da esfera cotidiana é necessário a homogeneização, isto é, dedicar-se por completo a uma única questão e suspender qualquer outra atividade. Significa empregar a *inteira individualidade humana* nesta tarefa de maneira consciente e autônoma; caso contrário, se estará ainda mergulhado na atividade cotidiana.

¹⁰ Heller utiliza aqui o termo “homem”. Escolhemos utilizar o termo “indivíduo” para manter a coerência com o restante do texto.

Diante da heterogeneidade - e das numerosas tarefas - que a vida cotidiana exige, as atividades que dela fazem parte são desempenhadas com *espontaneidade*. Não se pode parar para refletir sobre o conteúdo de todas as ações, se assim fizéssemos não seria possível realizar nem uma parcela das atividades indispensáveis para a produção e reprodução da vida em sociedade. Não significa dizer que todas as ações cotidianas possuem o mesmo nível de espontaneidade, nem que determinadas ações sejam sempre espontâneas em quaisquer situações, mas, que esta característica é uma tendência presente em toda atividade realizada no âmbito cotidiano da vida humana, juntamente com as motivações efêmeras e em constante modificação que se fazem presentes nestas atividades.

Na vida cotidiana os indivíduos agem com base na *probabilidade*. Em face às inúmeras atividades que a vida cotidiana exige, não se pode - nem tampouco é necessário - ter precisão científica de cada ação realizada. Isto significa dizer que, na esfera da vida cotidiana, é suficiente que determinada ação tenha probabilidade ou possibilidade de atingir certo objetivo; é suficiente que na média consigamos realizar nossos objetivos sem ter que analisar meticulosamente cada ação. Ao agirmos desta maneira estamos assumindo riscos, não de maneira consciente, porém de modo imprescindível para o cotidiano, e estamos sujeitos àquilo que Heller chama de *catástrofes da vida cotidiana*. Na maior parte das vezes conseguimos atravessar a rua baseando-nos nas possibilidades e probabilidades de nossas ações, porém, em determinada circunstância podemos ser atropelados, contrariando a expectativa (probabilística) que tínhamos de chegar ao outro lado da rua.

Realizar as ações com espontaneidade e com base na probabilidade aponta para o *economicismo* que é inerente à atividade cotidiana. Segundo Rossler (2004) trata-se de uma lei do menor esforço, segundo a qual as ações são realizadas buscando-se o menor dispêndio de energia, de tempo e de pensamento, sem profundidade, amplitude e intensidades especiais.

Outra característica fundamental da atividade cotidiana é unidade imediata entre pensamento e ação – o *pragmatismo*. A atividade cotidiana não se eleva ao plano da teoria e está relacionada mais fortemente à funcionalidade ou viabilidade

imediatas das inúmeras ações que visam à manutenção da cotidianidade do que a compromissos teóricos ou filosóficos mais amplos. Elevar cada ação cotidiana ao nível teórico tornaria demasiadamente complexa a realização de tais atividades, contrariando a espontaneidade e o economicismo inerentes às ações cotidianas. Para Heller (2004) a atividade humana somente está no domínio da práxis¹¹ quando é humano-genérica consciente.

Diante do exposto, Heller (2004) ainda destaca que a atividade cotidiana está firmemente apoiada na confiança e na fé, sem, no entanto, fazer uma diferenciação rigorosa a respeito destes dois aspectos. A confiança - no nosso método de conhecer a realidade, na cognoscibilidade da realidade e nos resultados obtido por outras pessoas - está mais sujeita a experiência, a moral e a teoria do que a fé, que está enraizada no individual-particular. Um médico não deve somente acreditar que determinado remédio trará a cura para seu paciente; se assim o fizer estará atuando com base na cotidianidade. Já ao paciente, nas suas ações cotidianas, é suficiente a fé no remédio prescrito pelo médico; porém, se questionar determinada crença que possuía, baseando-se em algum método de validação deste conhecimento, estará elevando-se do cotidiano em direção ao humano-genérico.

Segundo Heller (2004), o pensamento cotidiano é baseado na ultrageneralização, isto é, os indivíduos na sua cotidianidade agem por meio de generalizações tradicionalmente aceitas e difundidas pelo meio social (e cotidiano) ou por generalizações feitas a partir da sua própria experiência. Os juízos ultrageneralizados são juízos que, por meio do critério pragmático – o da utilidade direta ou viabilidade imediata não teorizada, não foram refutados pela prática, juízos que de alguma maneira serviram (funcionaram) para agir ou orientar-se em um determinado conjunto de situações na vida cotidiana.

Se a ultrageneralização em questão está apoiada na confiança, é possível abandoná-la para assim se elevar ao pensamento humano-genérico, o que não ocorre caso a generalização esteja enraizada ao afeto de fé, dando origem aos pré-conceitos.

¹¹ Mais adiante nos dedicaremos a analisar com maior profundidade a práxis.

A ultrageneralização acarreta aquilo que Heller denomina de *tratamento grosseiro do singular*. As situações que a vida nos apresenta são sempre singulares, porém, para que possamos agir de maneira rápida a fim de manter o ritmo da vida cotidiana, temos que enquadrar a situação singular em um esquema mais geral sem, no entanto, analisar com maior profundidade os aspectos singulares envolvidos. Um modo de realizar tal procedimento é recorrer às analogias, ou esquemas previamente conhecidos de experiências anteriores que permitem o movimento dentro da cotidianidade. Corremos risco de ter o pensamento analógico cristalizado (fossilizado), “pode ocorrer que já não prestemos atenção a nenhum fato posterior que contradiga abertamente nosso juízo provisório, tanto podemos nos manter submetidos à força das nossas próprias tipificações, de nossos preconceitos” (Heller, 2004, p.54). De uma maneira muito semelhante ao pensamento analógico, lançamos mão, na vida cotidiana, dos *precedentes*, exemplos de situação que nos ajudam a decidir qual atitude tomar, o problema é quando o uso de precedentes impede a visão daquilo que é novo e faz com o que o indivíduo sempre reaja da mesma maneira diante de determinadas situações.

Outra característica fundamental da atividade cotidiana é a *imitação*. É por meio da mimese que os indivíduos se apropriam das regras e dos costumes do seu grupo. As ações como segurar o garfo ou aprender a comer com os talheres não aprendidas por outro meio senão pela imitação. Não se deve tomar a imitação como algo ruim, como indesejável. Segundo Vigotski (2001), a velha psicologia¹² entende a imitação como uma simples reprodução mecânica, que quando uma criança imita alguma ação isto não reflete o seu real desenvolvimento intelectual; porém isto não é verdade, somente se pode imitar aquilo que se encontra na Zona de Desenvolvimento Proximal, não é qualquer coisa que se pode imitar:

“O desenvolvimento decorrente da colaboração via imitação, que é a fonte do surgimento de todas as propriedades especificamente humanas da consciência, o desenvolvimento decorrente da imitação

¹² A psicologia que ele critica no seu trabalho, anterior a ele neste caso.

é o fato fundamental. Assim, o momento central para toda a psicologia da aprendizagem é a possibilidade de que a colaboração se eleve a um grau superior de possibilidades intelectuais, a possibilidade de passar daquilo que a criança consegue fazer para aquilo que ela não consegue por meio da imitação. Nisso se baseia toda a importância da aprendizagem para o desenvolvimento, e é isto o que constitui o conteúdo do conceito de zona de desenvolvimento imediato. A imitação, se concebida em sentido amplo, é a forma principal em que se realiza a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento. A aprendizagem da fala, a aprendizagem na escola se organiza amplamente com base na imitação. Porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha mas o que ainda não sabe e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob a sua orientação. O fundamental na aprendizagem é justamente o fato de que a criança aprende o novo. Por isso a zona de desenvolvimento imediato, que determina esse campo de transições acessíveis à criança, é a que representa o momento mais determinante na relação da aprendizagem e do desenvolvimento” (VIGOTSKI, 2001, p. 331).

E por fim, a última característica da vida cotidiana, apontada por Heller, é a entonação, que constitui um campo “tonal” ao redor dos indivíduos. Ela é fundamental para o reconhecimento do outro e para a comunicação. Aquele que não produz a produz carece de individualidade, enquanto que aquele é incapaz de percebê-la é insensível a este aspecto das relações humanas.

Entendemos, assim, que não pode existir vida cotidiana sem estas características: *espontaneidade, probabilidade, economicismo, pragmatismo, ultrageralização, fé e confiança, precedente, imitação e entonação*. Porém, quando tais características cristalizam-se em absolutos estamos diante daquilo que Heller chama de *alienação da vida cotidiana*. Diante deste fenômeno, as “*possibilidades concretas de*

desenvolvimento genérico da humanidade” (HELLER, 2004, p. 57) estão comprometidas. A coexistência muda (em silêncio, sem ação) entre particularidade e genericidade faz com que as motivações sejam sempre efêmeras, implicando na separação entre ser e essência. Desta maneira, a capacidade transformadora da ação humana (da práxis) não pode realizar-se em plenitude, pois “existe um abismo entre o desenvolvimento humano-genérico e as possibilidades de desenvolvimento dos indivíduos, entre a produção humano-genérica e a participação consciente do indivíduo nessa produção” (*ibidem*, p. 58).

Destacamos, ainda, que é fundamental compreender as características da vida cotidiana, uma vez que podemos falar, suportados por Leontiev, que existe devido a esta estrutura de atividade um psiquismo cotidiano (ROSSLER, 2004). Buscamos, sobretudo, entender quais são as particularidades deste pensamento (cotidiano), nos quais os indivíduos continuamente e em grande parte da sua vida se prendem e, que muitas vezes, por estarem alienados, não conseguem se desprender ao realizar suas atividades. O movimento ao humano-genérico implica no abandono de certas particularidades e compromissos do psiquismo cotidiano.

2.6 Uma pequena síntese

Até aqui dedicamo-nos a apresentar os pressupostos fundamentais daquilo que tem sido chamada de perspectiva sócio-cultural-histórica. Diante de tantos elementos consideramos fundamental fazer uma pequena síntese para auxiliar nas análises que faremos adiante no texto. Podemos ressaltar cinco pontos fundamentais:

1-) A atividade humana é sempre coletiva e os sentidos emergem das relações existentes entre os indivíduos.

2-) O ser humano ao agir sobre o mundo sempre o faz por meio de instrumentos mediadores, que são construções/objetivações sócio-culturais-históricas,

cuja capacidade instrumental somente se realiza na atividade humana e não são universais.

3-) Existe relação direta entre a atividade humana o seu psiquismo, de maneira que são transcendidas as concepções dicotômicas do biológico e mental, do pensar e do fazer.

4-) A atividade humana apresenta historicidade. Ela não é estática no tempo. Ela evolui e é ao mesmo tempo condicionada (jamais determinada) pelo passado e pelo devir.

5-) As contradições que continuamente se instauram é que possibilitam a dinâmica da atividade humana.

Em suma, o ser humano forma-se por meio da sua atividade práxica, atividade que é sempre coletiva e cujos sentidos repousam sobre as complexas relações que se estabelecem entre os seus participantes. A atividade humana se estrutura a partir de necessidades que são refletidas pelos motivos e que levam à coordenação de ações e operações; a sua dinâmica (construção e desconstrução) é dada pela contínua busca de superação das contradições que se fazem presentes.

De posse dos pressupostos da perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade, o olhar orientador de nossa pesquisa e de nossas leituras, vamos ao próximo capítulo, no qual apresentamos os sentidos de “experiência” a fim de adentrar no campo que estamos investigando e atribuindo novos sentidos.

3. A EXPERIÊNCIA, A EXPERIMENTAÇÃO E O CONHECIMENTO

Diante da proposta de revisitar a experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de Física, parece-nos bastante importante (e interessante) buscar quais sentidos têm sido atribuídos à “experiência”, não somente no campo específico do ensino de ciências ou da filosofia da ciência. Trazemos, assim, alguns sentidos de “experiência” que estão presentes na filosofia e no senso comum, de maneira bastante geral, e de experiência-experimentação para a Física, explicitando, sobretudo, algumas visões distorcidas acerca dos cientistas e do processo de construção do conhecimento, buscando superá-las por meio das considerações da “moderna filosofia da ciência” e do materialismo dialético – teoria do conhecimento na qual a perspectiva sócio-cultural-histórica está apoiada.

Apresentamos, ainda, uma delimitação da noção de experiência na perspectiva sócio-cultural-histórica, buscando salientar a importância que a experiência possui dentro do quadro teórico que estamos articulando. Os sentidos específicos sobre experimentação no ensino serão dados no próximo capítulo. É importante salientar que não buscamos esgotar todos os sentidos de experiência e experimentação presentes na literatura - não é nosso objetivo e não nos é possível fazê-lo neste trabalho. Vamos aos sentidos.

3.1 A experiência no senso comum e na Filosofia

*“But first, are you experienced?
Have you ever been experienced?
Well, I have”*

Are you experienced, Jimi Hendrix

É bastante comum nos depararmos com frases do tipo “Essa pessoa ainda não tem experiência”, “Experimente esta nova receita culinária que eu preparei” ou “A morte daquela pessoa foi uma experiência horrível”.

Na primeira afirmação percebemos que experiência é o que faz uma pessoa ser contratada e outra rejeitada em uma vaga para ocupar um cargo de uma empresa. Uma delas tem dois anos de experiência e a outra sete, ou ainda, o rapaz acabou de sair da universidade e não possui experiência alguma. Experiência, neste sentido, parece ser algo que se acumula com o passar do tempo ou com a quantidade de coisas que se faz. Na segunda frase a experiência está relacionada diretamente aos sentidos humanos, sentir o cheio, o sabor, a textura, enxergar a cor. Quando experimentamos algo, estamos entrando em contato com o mundo externo por meio dos nossos sentidos. Na última frase encontramos a experiência como uma vivência íntima, dolorosa neste caso, que não pode ser explicada nem transmitida; é particular, subjetiva, individual.

Para Mora (2005) o conceito de experiência é um dos mais vagos e imprecisos. Para ele, em determinadas situações não é necessário esclarecer o que se quer dizer com o termo experiência, pois parece existir um sentido implícito, mesmo que bastante difuso, na própria frase; por exemplo, quando se discute se a geometria é ou não um fruto da experiência.

Ser vago e impreciso não significa que não delimitaremos determinados sentidos. Por ora, nos limitamos a evidenciar certos sentidos atribuídos à experiência, não pretendemos aqui fazer uma vasta revisão do termo experiência uma vez que foge aos limites deste trabalho, e, mais adiante, tomaremos uma posição crítica.

Mora (2005) faz uma análise na história da Filosofia sobre o vocábulo 'experiência' com o objetivo de resgatar os diversos sentidos a ela atribuídos e os categoriza em cinco grandes grupos:

1. A apreensão, por um sujeito, de uma realidade, uma forma de ser, um modo de fazer, uma maneira de viver, etc. A experiência é então um modo de conhecer algo imediatamente antes da formulação de qualquer juízo formulado sobre o que foi apreendido.
2. A apreensão sensível da realidade externa. Diz-se então, que tal realidade se dá por meio da experiência; também, em geral, antes de toda a reflexão (...).

3. O ensinamento adquirido com a prática. Fala-se então da experiência em um ofício e, em geral, da experiência de vida.
4. A confirmação dos juízos sobre a realidade por meio de uma verificação, usualmente sensível, dessa realidade. Diz-se então que um juízo sobre a realidade é confirmável, ou verificável, por meio da experiência.
5. O fato de suportar ou de "sofrer" algo, como quando se diz que se experimenta uma dor, uma alegria etc. Neste último caso, a experiência aparece como um "fato interno".

Este mesmo autor defende que destes cinco sentidos emergem dois primordiais:

- a. A experiência como confirmação ou possibilidade de confirmação empírica (e frequentemente sensível) de dados.
- b. A experiência como fato de viver algo dado anteriormente.

Em muitas correntes filosóficas a experiência aparece como conceito central, como é o caso do Empirismo, que vê o entendimento humano confinado nos limites da experiência humana. Para os empiristas, comumente, a experiência está relacionada à apreensão intuitiva de coisas singulares, de maneira que constitui a condição e o limite de todo conhecimento (MORA, 2005). Entre os empiristas, encontramos Locke, Berkeley e Hume, conhecidos como os empiristas britânicos. Em oposição a estes temos os filósofos racionalistas, para os quais a experiência constitui um acesso confuso à realidade, sendo o conhecimento oriundo do processo racional. Nesta vertente conhecida como racionalismo continental encontramos Descartes e Leibniz.

Estas duas posições antagônicas, racionalismo e empirismo, que visam explicar a origem e a possibilidade do conhecimento existem desde a Grécia antiga (SILVEIRA, 2002) e aparecem diversas vezes ao longo da história da filosofia. Em Platão, por exemplo, a distinção entre o mundo sensível e o mundo inteligível consiste numa

dicotomia desta natureza (MORA, 2005), enquanto para Aristóteles a experiência está relacionada às lembranças:

"a partir da sensação desenvolve-se aquilo que chamamos de lembrança, e da lembrança repetida de um mesmo objeto nasce a experiência, assim, lembranças que são numericamente múltiplas constituem uma experiência. Dessa experiência ou do conceito universal que se fixou na alma como uma unidade que, estando além da multiplicidade, é una e idêntica em todas as coisas múltiplas, nasce o princípio da arte e da ciência: da arte, em relação ao devir; da ciência, em relação ao ser" (ARISTÓTELES, apud ABBAGNANO, 2007, p. 418).

Aristóteles ainda afirma que "não há nada no intelecto que não estivesse antes nos órgãos dos sentidos" (LOSEE, 1993, p. 108) uma posição que está de acordo com a vertente empirista, mas apesar disso, Abbagnano (2007) não o considera um empirista uma vez que a experiência, para Aristóteles, não constitui um processo pelo qual se pode averiguar as verdades do homem, mas constitui somente uma repetição de situações que podem ser memorizadas.

Na tradição empirista, Abbagnano (*ibidem*) destaca duas possibilidades de sentidos da experiência: a experiência como *intuição* ou experiência como *método*. A experiência como intuição está associada a uma relação direta entre os objetos e órgãos de sentido, por exemplo, a visão; sentido 2 resumido por Mora (2005). Nesta concepção de experiência, considera-se a tese de que existem *unidades empíricas elementares*, que podem ser expressas diretamente por uma classe privilegiada de proposições. Para a vertente da experiência como método, ela é tida como uma operação complexa capaz de por à prova e retificar o conhecimento (sentido 4 de Mora). Não pode ser, no entanto, uma atividade individual, que a impossibilite de ser comunicada a outros.

A noção de *unidades empíricas elementares*, que são ideias e relações entre ideias, aparece pela primeira vez em Locke. Outra concepção que também aparece neste autor é a da experiência metódica, uma vez que a experiência constitui a totalidade do mundo humano e pode instituir um conjunto de proposições averiguáveis.

Já em Hume encontramos a distinção em duas grandes classes de todas as coisas que podem ser investigadas pelo intelecto humano: *as relações entre as ideias e as coisas de fato*. As primeiras não precisam existir, uma simples operação de pensamento pode conhecê-las; já as segundas possuem como único fundamento as relações de causa e efeito, ou seja, os resultados experimentais estão baseados na crença de que o futuro se assemelha ao passado. Ainda segundo Hume,

“[...] embora nosso pensamento pareça possuir esta liberdade ilimitada, verificaremos, através de um exame mais minucioso, que ele está realmente confinado dentro de limites muito reduzidos e que todo poder criador do espírito não ultrapassa a faculdade de combinar, de transpor, aumentar ou de diminuir os materiais que nos foram fornecidos pelos sentidos e pela experiência. Quando pensamos numa montanha de ouro, apenas unimos duas ideias compatíveis, *ouro* e *montanha*, que outrora conhecêramos. Podemos conceber um cavalo virtuoso, pois o sentimento que temos de nós mesmos nos permite conceber a virtude e podemos uni-la à figura e forma de um cavalo, que é um animal bem conhecido. Em resumo, todos os materiais do pensamento derivam de nossas sensações externas ou internas; mas a mistura e composição deles dependem do espírito e da vontade.” (HUME, 2006, seção 2)

Segundo Mora (2005) Hume realizou a mais radical redução da experiência a intuição, tornando impossível qualquer ciência, uma vez que esta intuição não significa nada fora de si mesma. Seguindo a tradição de Hume, Ernst Mach (que tem sua obra

classificada em várias tradições filosóficas) defende que tudo aquilo que conhecemos é formado por um complexo composto de sensações básicas, como cor, som, calor, dor. O conhecimento é, para ele, baseado em conceitos e hipóteses científicas, que são extensões da experiência e também escolhas que tornam mais fácil a explicação dos fatos, seguindo um princípio de economia na natureza (MORA, 2005, p. 1826). Segundo este princípio uma boa teoria é aquela que prevê e explica o maior número de resultados experimentais com relações matemáticas mais gerais e econômicas e com um número reduzido de ideias que não possuem correspondência com aquilo que pode ser observado pelos sentidos. Para Mach os resultados experimentais podem acumular-se e ser transmitidos por meio das relações matemáticas (FITAS, 1998).

Por outro lado, para Kant:

“Não se pode duvidar de que todos os nossos conhecimentos começam com a experiência, porque, com efeito, como haveria de exercitar-se a faculdade de se conhecer, se não fosse pelos objetos que, excitando os nossos sentidos, de uma parte, produzem por si mesmos representações, e de outra parte, impulsionam a nossa inteligência a compará-los entre si, a reuni-los ou separá-los, e deste modo à elaboração da matéria informe das impressões sensíveis para esse conhecimento das coisas que se denomina experiência? No tempo, pois, nenhum conhecimento precede a experiência, todos começam por ela”. (KANT, 1781, p. 3)

Kant busca transcender as limitações impostas pela filosofia empirista de Hume. Apesar de Kant afirmar que todo conhecimento começa com a experiência, ele não está alinhando-se unicamente aos empiristas, pois:

“se é verdade que os conhecimentos derivam da experiência, alguns há, no entanto, que não têm essa origem exclusiva, pois poderemos

admitir que o nosso conhecimento empírico seja um composto daquilo que recebemos das impressões e daquilo que a nossa faculdade cognoscitiva lhe adiciona (estimulada somente pelas impressões dos sentidos); aditamento que propriamente não distinguimos senão mediante uma longa prática que nos habilite a separar esses dois elementos.” (*ibidem*, p.3)

Assim, Kant está apontando a existência de certos elementos que nos são dados *a priori*, que independem da experiência, que são necessários para que a experiência converta-se em conhecimento: “Consideraremos, portanto, conhecimento ‘a priori’, todo aquele que seja adquirido independentemente de qualquer experiência. A ele se opõem os opostos aos empíricos, isto é, àqueles que só o são ‘a posteriori’, quer dizer, por meio da experiência.” (*ibidem*, p.3)

Desde o início da sua obra, Kant (1781) busca mostrar a diferença entre estes dois tipos de conhecimento e, para isto, faz a distinção entre os *juízos analíticos* e *juízos sintéticos*. No primeiro deles, o predicado da sentença está contido no próprio sujeito, de um modo tácito; a relação entre sujeito e predicado se dá pela identidade e tal predicado pode ser entendido como explicativo. No segundo caso, o predicado é estranho ao sujeito não sendo, portanto, a relação entre sujeito e predicado uma identidade, mas uma extensão – o predicado traz coisas que não podem ser derivadas do próprio sujeito, ao contrário do predicado de juízo analítico.

Kant nos dá um exemplo:

“Quando digo p. ex.: ‘todos os corpos são extensos’, formulo um juízo analítico, porque não tenho que sair do conceito de corpo para achar unida a ele a extensão, e só tenho que decompô-lo, quer dizer, só necessito tornar-me cômico da diversidade que pensamos sempre em dito conceito para encontrar o predicado; é portanto um juízo analítico. Pelo contrário, quando digo: “todos os corpos são

pesados”, já o predicado é algo completamente distinto do que em geral penso no simples conceito de corpo. A adição de tal atributo dá, pois, um juízo sintético.” (*ibidem*, p.7)

Neste sentido, todos os juízos da experiência são sintéticos, uma vez que ao se formular um juízo analítico não é necessário sair do conceito e buscar testemunho na experiência: “P. ex.: ‘um corpo é extenso’ é uma proposição ‘a priori’ e não um juízo da experiência porque antes de dirigir-me à experiência, tenho já em meu conceito todas as condições do juízo.” (*ibidem*, p. 7); ao contrário do que ocorre com o predicado *pesado* – de “um corpo é pesado” – que necessita da experiência para ser formulado. O predicado é uma extensão do sujeito; é preciso sair do *corpo* para lhe atribuir a característica de *pesado*.

Porém, Kant nos dá uma nova classe de juízos: os *sintéticos a priori*, que são universais, necessários e que efetivamente ampliam o conhecimento, ao contrário dos *juízos analíticos*; em tais juízos – *sintéticos a priori* - encontram-se apoiados a matemática e também a Física:

“A ciência da natureza (Física) contém como princípios, juízos sintéticos ‘a priori’. Só tomarei como exemplos estas duas proposições: em todas as mudanças do mundo corpóreo a quantidade de matéria permanece sempre a mesma, ou, em todas as comunicações de movimento a ação e reação devem ser sempre iguais. Em ambos vemos, não só a necessidade e, por conseguinte, sua origem ‘a priori’, senão que são proposições sintéticas. Porque no conceito de matéria não penso em sua permanência, mas unicamente em sua presença no espaço que ocupa, e, portanto, vou além do conceito de matéria para atribuir-lhe algo ‘a priori’ que não havia concebido nele. A proposição não é, pois, concebida analítica,

senão sinteticamente ainda que ‘a priori’, e assim sucede com as restantes proposições da parte pura da Física”. (*ibidem*, p. 9).

Kant postulava, assim, que a geometria de Euclides e a Mecânica de Newton possuíam validade universal – pois eram, para ele, *sintéticas a priori*. Porém, o advento das geometrias não-euclidianas e da relatividade de Einstein, foi capaz de mostrar a não universalidade das teorias que as antecederam, apontando as limitações do pensamento de Kant no que diz respeito a construção do conhecimento sobre a realidade e o seu domínio de validade.

Embora Kant tenha buscado fazer uma síntese entre empiristas e racionalismo tal dicotomia não foi completamente superada, pois acaba por lançar novas dicotomias como os *a priori* e os *a posteriori* (LÊNIN, 1982). Essa dicotomização razão/experiência, ideal/real transcende o campo da filosofia a aparece comumente no senso comum na forma da dicotomia teoria/prática. Para o senso comum teoria e prática aparecem desvinculadas e isto pode ser evidenciado em afirmações do tipo: “Teoricamente é assim, mas na prática não” ou ainda, “a universidade proporciona a teoria, mas a prática só é alcançada com o emprego”. Visões que apresentam um grau elevado de idealização, alinhando-se a filosofia platônica, de que existe um mundo ideal que se aprende na universidade ou que se é capaz de projetar mentalmente, porém, na prática as coisas são diferentes, distorcidas, contaminadas. Adiante, na seção 3.3, por meio do materialismo dialético, buscaremos caminhos para a superação destas dicotomias.

Dando continuidade ao nosso levantamento, vamos aos sentidos atribuídos para a experiência e experimentação na Física, de maneira mais específica.

3.2 A experiência-experimentação na Física

“... a Física é, acima de tudo, uma ciência experimental.” (Halliday *et al*, p. 1, 1996)

Seja no meio acadêmico ou em uma conversa cotidiana esta é uma afirmação amplamente conhecida e divulgada. A Física, e a ciência de maneira geral, goza de alto prestígio e credibilidade; os “rigorosos testes experimentais” contidos implicitamente em anúncios de produtos “cientificamente comprovados” fazem com que se venda mais sob um estigma de superioridade e eficácia comprovadas. É inquestionável a importância e a presença da ciência no mundo contemporâneo, mas o que se sabe sobre a natureza do conhecimento científico? Quais são as suas especificidades? O que o torna diferente de outras formas de conhecimento?

Não é o nosso objetivo neste momento advogar a favor da busca e da descrição de um método único da ciência, seria tamanha ingenuidade se o fizéssemos. O que pretendemos é elucidar certas concepções de ciência que estão intimamente relacionadas à experimentação como componente fundamental do processo científico e que são veiculadas por professores de ciências e até mesmo por cientistas. Estas, em grande parte, estão associadas a algumas visões acerca dos processos da ciência, da construção e da validação dos conhecimentos que há tempos são criticadas pelos filósofos e historiadores da ciência e já estão, de certa maneira, superadas.

Arruda e Laburú (1998) em dois enunciados sintetizam essa imagem pública da ciência:

“(i) As leis ou teorias científicas existem na natureza e podem ser descobertas pela investigação científica, ou seja, através da observação sistemática. A partir da experimentação ou medição as leis e teorias são criadas...

(ii) A função do experimento na ciência é comprovar as hipóteses ou teorias levantadas, as quais podem então ser chamadas de leis e consideradas verdadeiras. Portanto são científicas somente as afirmações comprovadas experimentalmente”. (ARRUDA & LABURÚ, 1998, 54-55)

Chalmers (2009) chama esta visão de indutivismo ingênuo por se basear no método da indução e por ser equivocada, perigosamente enganadora para quem nela se apoia. Para o indutivista, a ciência começa com a observação, que deve ser feita por uma mente livre de preconceções, de forma mais fiel e objetiva possível. Do conjunto de dados empíricos obtidos é possível extrair uma lei geral, ou seja, para o indutivista é legítimo generalizar a partir de um número finito de proposições de observação desde que sejam feitas muitas observações em diferentes condições e que nenhuma delas conflite com a lei universal derivada (CHALMERS, 2009, p. 25). Além disso, para o indutivista, a especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar nenhum papel no processo científico uma vez que as teorias não são criadas, inventadas ou construídas, mas descobertas a partir dos dados (SILVEIRA, 1996, p.5).

A seguir ilustramos algumas concepções empiristas presentes em livros didáticos amplamente utilizados no ensino superior. Os exemplos são fornecidos por Silveira (2006):

"Tudo o que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam seu comportamento foi aprendido de observações de fenômenos da natureza" (SEARS, 1983, p.3, apud SILVEIRA 2006).

"As leis da Física são generalizações de observações e de resultados experimentais" (TIPLER, 1978, p.3, apud SILVEIRA 2006).

"A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais (...) através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados" (NUSSENZVEIG, 1981, p.5, apud SILVEIRA, 2006).

Também em livros didáticos destinados ao ensino médio tais concepções estão presentes:

“O que caracteriza a Física não são tanto os seus conteúdos, mas sim seu método, que se chama **método experimental**. Este se baseia nas observações e nas experiências, e permite formular as **leis físicas**, habitualmente expressas por **fórmulas matemáticas**. (AMALDI, 1995, p. 3, grifos no original)

“Como podemos concluir, é fácil ser enganado pelos sentidos. Por isso, o conhecimento que se baseia só nos sentidos não serve para o estudo da Física. Para eliminar os problemas que podem conduzir a resultados errados, os físicos se valem de recursos como a experimentação, os instrumentos de medição, etc. [...] Para medir e controlar os fenômenos que estuda, o físico precisa de informações muito precisas. Para obter essas informações, um dos caminhos é a **experimentação**, com a construção de modelos que permitem tirar conclusões sobre o que se passa na realidade”. (SILVA, 2007, p. 7, grifos no original)

Neste último exemplo é fornecido o método da Física:

“Em resumo, o método da apreensão do conhecimento da Física é o seguinte: a) observação dos fenômenos, b) medida de suas grandezas, c) indução ou conclusão de leis ou princípios que regem os fenômenos. Esse método de conhecimento é denominado **método experimental**”. (NICOLAU *et al*, 1998, p. 12, grifos no original)

Silveira e Peduzzi (2006) fazem uma crítica da visão puramente empirista sobre a construção do conhecimento científico e para isto utilizam três exemplos da história da ciência comumente citados, que apresentam uma visão distorcida do processo de construção do conhecimento científico – o que os autores apontam como uma caricatura da história da ciência. Os exemplos são o da física de Galileu, a relatividade de Einstein e o átomo de Bohr, discute-se qual o papel da experimentação na construção destas três teorias. Os autores fazem, sobretudo, uma crítica à presença desta concepção distorcida nos materiais didáticos de ciências:

“O empirismo, como concepção sobre o conhecimento científico, afirma que os cientistas obtêm as teorias científicas (leis, princípios, etc.) a partir da observação, da experimentação e de medidas. Ao relatar um episódio de descoberta científica, a história da ciência empirista apresenta os dados e os resultados observacionais/ experimentais a partir dos quais o cientista, aplicando as regras do método científico, produziu conhecimento. Embora não se possa dizer que exista uma história da ciência nos livros texto do ensino médio, e também universitários, de um modo geral, mas sim uma caricatura dessa história, ela é consistente com a epistemologia empirista” (SILVEIRA & PEDUZZI, 2006, p.27)

Por meio do primeiro exemplo, o de Galileu, os autores procuram mostrar que a teoria dos movimentos desenvolvida por ele foi impulsionada por um problema teórico e não pela observação. A “história” empirista e distorcida tem afirmado que os experimentos de Galileu (os experimentos da Torre de Pisa¹³ e do plano inclinado) são

¹³ A experiência da Torre de Pisa, talvez a mais famosa de Galileu, é bastante controversa e pode nem mesmo ter ocorrido. Esta famosa história é apresentada pela primeira vez pelo biógrafo de Galileu, Vincenzo Viviani. Segundo ele, Galileu teria convocado uma multidão para assistir a queda de corpos com pesos diferentes do alto da torre, vislumbrando, assim, que os dois chegariam ao chão ao mesmo tempo, contrariando as expectativas aristotélicas. Segundo Koyré (1991) o experimento não ocorreu, e se tivesse ocorrido o resultado teria sido diferente do relatado por Viviani, uma vez que as condições para que o tempo de queda fosse o mesmo não estavam estabelecidas.

responsáveis pela base segura para a conclusão que os corpos caem com a mesma aceleração – é realizando experimentos que Galileu pôde tirar suas conclusões e construir sua teoria. É muito comum encontrarmos afirmações sobre Galileu como o “primeiro grande experimentador” (DUROSOI & ROUSSEL, 2005, p. 207) ou o “Galileu é considerado por muitos o pai da ciência moderna” (MARQUES & BECHARA, 2007), atribuindo ingenuamente à experimentação e à observação cuidadosa a origem de todo conhecimento. Neste sentido, Galileu é o grande experimentador e o pai da ciência moderna por basear-se somente na experiência para tirar suas conclusões. Argumentando a favor da motivação teórica de Galileu, explicitando as convicções platônicas deste autor e a sua insatisfação diante das vigentes teorias acerca dos movimentos planetários, Silveira e Peduzzi (2006) concluem que:

“[...] a *física de Galileu*, em especial a *teoria do movimento*, foi fortemente motivada na necessidade de dar suporte à *teoria de Copérnico*, isto é, de superar as *objeções mecânicas* ao movimento da Terra. A única alternativa para colocar a Terra em movimento era criar uma nova teoria dos movimentos”. (SILVEIRA & PEDUZZI, 2006, p.33),

e que o caminho para a criação desta nova se dá invocando a razão e não os dados empíricos.

Ainda com o intuito de fazer uma crítica à caricatura empirista sobre o processo construção do conhecimento científico, Silveira e Peduzzi apresentam o segundo exemplo, no qual procuram mostrar que Einstein foi guiado por um problema teórico ao desenvolver a Teoria da Relatividade especial e não pela experiência de Michelson e Morley, como comumente a “história” empirista tem apresentado. Ao citar uma passagem de Einstein eles concluem que:

“Para Einstein, as bases axiomáticas da física não podem ser obtidas a partir da experiência, pois nenhum caminho lógico pode conduzir das percepções aos princípios de uma teoria. Os fundamentos de uma teoria científica são livres criações do espírito humano. [...] À luz dessa concepção epistemológica, pode-se então afirmar que a teoria da relatividade restrita, segundo o seu próprio idealizador, não foi uma resposta aos resultados negativos dos experimentos de Michelson-Morley.” (*ibidem*, p. 38)

Corroborando com esta posição, de que a teoria precede a experiência, Chalmer (2009) afirma que:

“Proposições de observação, então, são sempre feitas na linguagem de alguma teoria e serão tão precisas quanto a estrutura teórica ou conceitual que utilizam. O conceito “força”, como é usado na física, é preciso porque adquire seu significado do papel estrito que desempenha, numa teoria relativamente autônoma, a mecânica newtoniana. O uso da mesma palavra na linguagem cotidiana (a força das circunstâncias, a força da tempestade, a força de um argumento etc.) é impreciso exatamente porque as teorias correspondentes são variadas e imprecisas. Teorias precisas, claramente formuladas, são um pré-requisito para proposições de observação precisas. Neste sentido, as teorias precedem a observação”. (CHALMERS, 2009, p.53)

Voltando ao exemplo de Einstein, a “história” empirista apregoa que diante dos dados negativos da experiência de Michelson e Morley, ao procurarem pela existência do éter, o meio material pelo qual a luz viajaria, e que, portanto, deveria ter velocidades diferentes em diferentes posições do espaço, Einstein foi impelido a postular que a velocidade da luz é constante para qualquer observador. Mais uma vez, buscando desconstruir a caricatura empirista, Silveira e Peduzzi (2006) argumentam

que a motivação de Einstein relaciona-se à incompatibilidade entre o eletromagnetismo de Maxwell e a mecânica de Newton, algo que já deixava Einstein intrigado desde a sua juventude, época em que formulara sua experiência mental de viagem lado a lado com a luz. Caso fosse possível um observador viajar ao lado da luz com uma velocidade igual à dela, pelos resultados fornecidos pela transformação de Galileu, se poderia ver campos elétricos e magnéticos em repouso, predição incompatível com a teoria de Maxwell. A este fato se acresce a aceitação, por parte de Einstein, da crítica feita por Ernst Mach à mecânica newtoniana, que, portanto, para Einstein, deveria sofrer uma reformulação ao invés do eletromagnetismo de Maxwell. Novamente, o impulsionador pela busca de uma nova formulação teórica repousa sobre um problema teórico e não sobre dados empíricos.

O terceiro exemplo trazido por Silveira e Peduzzi (2006) é o de Bohr e o seu modelo atômico. As raias de emissão do átomo de hidrogênio podiam ser calculadas por meio da fórmula empírica de Balmer, porém, não se tinha explicações teóricas acerca destas emissões e da quantização de energia no átomo. Segundo a “história” empirista, os esforços de Bohr estavam voltados para a explicação do espectro de emissão e da quantização e, neste sentido, as bases para a construção do seu modelo atômico repousavam unicamente sobre os dados empíricos. Novamente criticando a concepção ingênua sobre o modelo de átomo de Bohr, Silveira e Peduzzi (2006) argumentam que, ao contrário do que apregoa a história empirista, Bohr foi guiado por um problema teórico, neste caso, o de dar sustentação ao modelo atômico de Rutherford e resolver as incompatibilidades que o modelo planetário para o átomo apresentava. Mais uma vez, os autores procuram mostrar que a motivação para a construção de novos modelos sobre os fenômenos físicos não tem suas bases nos dados empíricos, mas em problemas teóricos que orientam a pesquisa científica.

Até aqui dedicamo-nos a ilustrar algumas visões mais difundidas - ingênuas, segundo Chalmers (2009) - acerca da ciência e dos processos de construção do conhecimento científico, em especial da relação experimento-teoria. Tais visões empírico-indutivistas têm sido amplamente criticadas, sobretudo no século XX, com os trabalhos de autores como Popper, Lakatos, Kuhn e Feyrabend. É a estas críticas que

nos deteremos agora; buscamos apresentar e analisar aquilo que tem sido chamada de “Nova Filosofia da Ciência”.

Em 1934, Popper publicava em alemão o intitulado trabalho “*Logic der Forschung*” - *A Lógica da Pesquisa Científica* (Popper, 1972), no Brasil e *The Logic of Scientific Discovery*, publicado em inglês em 1959 - que consiste de uma crítica ao positivismo lógico do Círculo de Viena¹⁴. E é logo no primeiro capítulo que Popper anuncia o “problema da indução”:

"É comum dizer-se ‘indutiva’ uma inferência, caso ela conduza de *enunciados singulares* (por vezes também denominados enunciados ‘particulares’), tais como descrições dos resultados de observações ou experimentos, para enunciados universais, tais como hipóteses ou teorias. Ora, está longe de ser óbvio de um ponto de vista lógico, haver justificativa no inferir enunciados universais de enunciados singulares, independentemente de quão numerosos sejam estes; com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa; independentemente de quantos cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos" (POPPER, 1972, p. 27-28).

Ainda segundo Popper:

“O problema da indução também pode ser apresentado como a indagação acerca da validade ou verdade de enunciados universais que encontrem base na experiência, tais como as hipóteses e os sistemas teóricos das ciências empíricas”. (*ibidem*, p. 28).

¹⁴ Também conhecido como neopositivismo ou empirismo lógico.

Ou seja, aqueles enunciados que têm sua origem na experiência não podem ter o status de universais, mas de singulares ou particulares – a validade dos enunciados universais não pode ser suportada somente pelo processo de indução; independente do número 'n' de observações feitas, não se pode ter a garantia, por meio deste processo, que a observação 'n+1' será como as anteriores. É neste sentido que o trabalho de Popper (1972), no campo da epistemologia, constitui-se de uma forte crítica à utilização da Lógica Indutiva, e poderia, segundo o próprio autor, ser chamada de *método dedutivo da prova*, no qual os testes empíricos somente podem existir após a hipótese ter sido formulada.

Para Popper, o processo de demarcação e de validação das teorias é a *falseabilidade* – se um enunciado não é passível de ser verificado ele não possui validade alguma. Dada uma lei geral é possível por meio do processo dedutivo extrair consequências particulares que poderão ser confrontadas com os fatos; poderão assim ser falseadas. Se o resultado particular não passar no teste empírico a teoria é refutada; caso passe, não significa que seja verdadeira a teoria toda, mas que foi corroborada. Desta maneira, todo conhecimento é uma conjectura e está passível de reformulação posteriormente à sua formulação. Por mais corroborada que seja uma teoria pode surgir uma dedução que não seja condizente com os fatos e ela pode ser levada a refutação.

Um sistema teórico, segundo Popper, deve ser sintético ao representar um mundo possível, deve passar pelo critério da demarcação (não ser metafísico) e deve ser diferente de outros sistemas teóricos ao representar o mundo das experiências. Popper busca por meio da *experiência como método* um critério para propor uma definição aceitável para o conceito de *ciência empírica*, uma vez que podem existir muitos conjuntos teóricos que representam “mundos logicamente possíveis” (*ibidem*, p.40), porém o mundo que se quer representar é o mundo das “experiências”:

"experiência, neste caso apresenta-se como um método peculiar por via do qual é possível distinguir um sistema teórico de outros; assim a ciência empírica parece caracterizar-se não apenas por sua forma

lógica, mas, além disso, por seu método peculiar. (Esse, naturalmente, também é o modo de ver dos indutivistas, que tentam caracterizar a ciência empírica pelo fato de ela usar o método indutivo). A teoria do conhecimento, cujo objetivo é a análise do método ou processo próprio da ciência empírica, pode, nesses termos, ser descrita como uma teoria do método empírico - *uma teoria daquilo que usualmente é chamado de 'experiência'*" (*ibidem*, p.41, grifos no original).

Neste sentido um sistema teórico que representa o mundo das experiências é aquele que foi submetido a provas e resistiu a elas. Os dados da experiência não constituem uma base para a construção de um sistema teórico, nem um caminho para se provar que uma teoria é verdadeira. A falsidade de um argumento pode ser transmitida por meio da lógica dedutiva, porém o mesmo não acontece com a verdade de um argumento, neste sentido nenhum sistema teórico poderá ser provado como verdade.

Em suma, na perspectiva de Popper, a lógica indutiva não pode ser considerada válida, não existe experiência que não esteja impregnada de conteúdo teórico e o conhecimento sobre o mundo é criado ou inventado e evolui.

Seguindo a linha do racionalismo crítico de Popper, outro estudioso que contribui para a desconstrução da visão ingênua acerca da ciência e seus processos é Imre Lakatos. É por meio da sua "Metodologia dos Programas de Pesquisa"¹⁵ que Lakatos busca analisar o processo de produção do conhecimento científico e a constante evolução de tais programas. Um Programa de Pesquisa é constituído por um "núcleo firme" que compreende o conjunto teórico aceito pelos cientistas e, portanto, irrefutável enquanto se trabalha neste programa. Além do "núcleo firme", um Programa de Pesquisa apresenta um "cinturão protetor" ao redor do núcleo, que compreende as teorias auxiliares e os métodos observacionais que podem sofrer

¹⁵ Para maiores detalhes consultar Silveira (1996).

constantes mudanças sem que o núcleo firme se altere. Neste sentido, qualquer anomalia deve incidir sobre o cinturão protetor, de maneira a deixar intocável o cerne do Programa de Pesquisa.

No que diz respeito à evolução histórica, um Programa de Pesquisa pode ser “progressivo” ou “regressivo”. Ele é *teoricamente progressivo* quando as modificações no cinturão protetor são capazes de levar a explicações de antigos fatos ou à previsão de novos; caso tais previsões sejam corroboradas pela experiência o programa é *empiricamente progressivo*. Por outro lado, quando um Programa de Pesquisa não antecipa nenhum fato novo ele está *regredindo* ou *degenerando*, podendo, assim, ser substituído por outro; processo que ocorre lentamente e permitindo, por exemplo, que os cientistas trabalhem em mais de um Programa de Pesquisa simultaneamente. É fundamental salientar que não existe, para Lakatos, um experimento que por si só seja capaz de derrubar todo um esquema teórico; é por meio do conflito entre Programas de Pesquisa e a percepção de que o novo programa é melhor que a evolução pode acontecer.

Este processo evolutivo das teorias científica – dos Programas de Pesquisa, na terminologia de Lakatos - é analisado por Kuhn em *A Estrutura das Revoluções Científicas* (KUHN, 1990) utilizando o conceito de paradigma¹⁶ que, de uma maneira simplificada, pode ser entendido com um conjunto de resultados estabelecidos e aceitos pela comunidade de cientistas, resultados que depois de aceitos passam a orientar todo o trabalho científico. Nesta fase, na qual o paradigma está estabelecido, chamada de *Ciência Normal*, um problema somente vai ser formulado se é capaz de se encaixar nele, outros casos serão ignorados. Por exemplo, uma vez tendo a Mecânica de Newton se sobressaído entre outras teorias, ela passou a ser um paradigma; todos os cientistas que aderiram a este paradigma trabalharam para sustentar a teoria de Newton e aumentar a precisão dos resultados, calculando constantes, verificando as equações etc. É neste sentido que os experimentos, neste período, são guiados pelo paradigma e tem o papel de corroborá-lo, nunca buscando exemplos que o contradiga.

¹⁶ O termo paradigma é usado por Kuhn com vários sentidos. Para o nosso propósito, o sentido geral que apresentamos é suficiente. Para maiores detalhes ver Ostermann (1996).

A “nova filosofia da ciência” é praticamente unânime na sua crítica ao positivismo e à crença da independência entre experimento e teoria.

Kuhn compara a ciência normal como a resolução de um quebra-cabeça. Os jovens cientistas durante a sua formação são treinados para resolver problemas com soluções conhecidas, as soluções que o paradigma fornece. Somente estes problemas serão considerados interessantes. Os estudantes quase nunca tem contato com os trabalhos originais e são ensinados por meio de uma versão elaborada, um manual instrucional, um livro didático, que traz somente os resultados importantes dentro do paradigma. É por meio deste processo que o jovem cientista começa a perceber a natureza dos problemas com os quais está envolvido e quais outros poderá formular, sabendo que possuem soluções compatíveis com seus instrumentos de resolução. “A ciência normal frequentemente suprime novidades fundamentais, porque estas subvertem necessariamente seus compromissos básicos”. (*ibidem*, 2009, p.24)

O período de ciência normal é interrompido por uma Revolução Científica, que ocorre quando as anomalias são tantas que o paradigma não se sustenta e sofre uma ruptura. Segundo Kuhn (2009), “Todas as crises iniciam com o obscurecimento de um paradigma e o relaxamento das regras que orientam a pesquisa normal”. Após a ruptura, um novo paradigma se instala e a ciência volta à sua fase normal; “guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções” (*ibidem*, p. 145). Para Popper, esta visão bem demarcada entre a ciência normal e o período de revolução é quase uma caricatura. Segundo ele a ruptura não é tão visível como aponta Kuhn (VILLANI, 2001)¹⁷.

Outro conceito fundamental na obra de Kuhn é a *incomensurabilidade* entre os diferentes paradigmas, no sentido que os diferentes paradigmas configuram diferentes visões de mundo, diferentes métodos e práticas específicas que não se comunicam. Um possível diálogo entre paradigmas somente é possível por meio de uma *tradução*, o que não implica que os paradigmas conflitantes sejam convertidos um no outro. O exemplo que Kuhn utiliza para ilustrar a *incomensurabilidade* é a relação entre as

¹⁷ Villani (2001) apresenta alguns aspectos da discussão entre os principais filósofos da ciência que ocorreu em Londres no ano de 1965, chamado Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência.

mecânicas de Newton e Einstein (a relatividade restrita). Comumente se diz que é possível derivar a mecânica newtoniana a partir da relatividade no limite de baixas velocidades, o que segundo Kuhn, não pode ser feito, uma vez que determinadas grandezas são ontologicamente diferentes nos dois paradigmas, como por exemplo, a massa, que no sistema newtoniano é invariável enquanto para Einstein pode ser convertida em energia – as massas possuem naturezas distintas, uma não pode ser transformada na outra sem uma completa mudança na visão de mundo.

Ainda no que tange à problemática da evolução das teorias científicas e seus métodos, Feyerabend advoga por uma visão anarquista da ciência, na qual não se pode falar de regras metodológicas universais, mas sim num pluralismo metodológico por parte dos cientistas quando realizam sua atividade de pesquisa:

“‘As condições externas’, escreve Einstein, ‘que os fatos da experiência colocam [diante do cientista] não lhe permitem, ao erigir seu mundo conceptual, que ele se prenda em demasia a um dado sistema epistemológico. Em consequência, o cientista aparecerá, aos olhos do epistemologista que se prende a um sistema, como um oportunista inescrupuloso...’ Um meio complexo, onde há elementos surpreendentes e imprevistos, reclama procedimentos complexos e desafia uma análise apoiada em regras que foram estabelecidas de antemão e sem levar em conta as sempre cambiantes condições da História”. (FEYERABEND, 1977, p. 20)

Neste sentido, qualquer análise que se faça sobre/na ciência não pode ser a-histórica e o próprio cientista não deve lançar mão somente de métodos estabelecidos anteriormente a sua prática de investigação – métodos rígidos, imutáveis e universais. Aquele que deseja conhecer os pormenores da sua teoria deve adotar uma postura pluralista e confrontar sua teoria com outras teorias e não com a “experiência”, com

os “fatos” ou “dados”¹⁸ para tentar aperfeiçoá-la antes de afastar dela concepções que podem não resistir à competição. Para Feyerabend (1977):

“O conhecimento, concebido segundo essas linhas, não é uma série de teorias coerentes, a convergir para uma doutrina ideal; não é um gradual aproximar-se da verdade. É, antes, um oceano de alternativas mutuamente *incompatíveis* (*e, talvez, até mesmo incomensuráveis*), onde cada teoria singular, cada conto de fadas, cada mito que seja parte do todo força as demais partes a manterem articulação maior, fazendo com que todas concorram, através desse processo de competição, para o desenvolvimento de nossa consciência. Nada é jamais definitivo, nenhuma forma de ver pode ser omitida de uma explicação abrangente” (*ibidem*, 1977, p. 40-41).

Feyerabend (1977) aponta ainda que nenhuma teoria está em completa concordância com os fatos que pertencem ao seu domínio; os fatos também se prendem às ideologias mais antigas e os conflitos entre fatos e teorias pode ser evidência de progresso. As discordâncias podem ser de dois tipos: discordância numérica e falhas qualitativas.

No que diz respeito às divergências entre os fatos e teorias, Bunge (2008) defende que uma teoria científica não deve constituir simplesmente um sumário dos dados empíricos; não deve ser simplesmente mais que a experiência, mas deve trazer coisas qualitativamente diferentes dos dados que a dão suporte. Uma teoria científica

¹⁸ Tais termos estão realçados pois a “análise mais profunda mostra que a ciência não conhece ‘fatos nus’, pois os fatos de que tomamos conhecimento já são vistos sob certo ângulo, sendo, em consequência, essencialmente ideativos”. (Feyerabend, 1977, p. 20). Em outras palavras, ‘dados’ não constitui uma categoria universal independente do sistema teórico que se utiliza para coletá-los/analísá-los. Aqui se encontra, novamente, à crítica ao indutivismo-empirismo feito pelos racionalistas críticos, aos quais Feyerabend também esteve vinculado.

é uma representação parcial da realidade, pois os conceitos científicos não são como fotografia ao falar dos dados observacionais.

Os símbolos teóricos estão sujeitos a regras de interpretação. As *regras referenciais de interpretação* levam o símbolo teórico ao seu referente dentro do próprio modelo teórico e também estabelecem a relação daquele símbolo com o seu referente na realidade. Esta afirmação é representada pelo lado esquerdo da figura 10.

Figura 10: Bunge – Referência real e experimental

E, uma vez, que o referente real e os dados empíricos não coincidem, *regras de interpretação evidencial* levam o símbolo teórico aos dados específicos de cada experiência e ao conjunto das experiências; esta afirmação está representada pelo lado direito da figura 10.

Bunge (2008) ainda defende que ao se realizar um experimento a fim de estabelecer uma relação entre modelo e evidência duas teorias estão em questão: a substantiva e a instrumental. A primeira é aquela que prevê certos resultados e que versam sobre parte da realidade, por exemplo, o valor da carga elétrica de determinada partícula. Com o objetivo de testar as previsões da teoria substantiva uma montagem experimental é feita com base na teoria instrumental, por exemplo, que conecte o traçado em curvatura numa chapa fotográfica ao valor da carga que se deseja medir. Assim a previsão da teoria substantiva pode ser comparada as evidências

suportadas pela teoria instrumental. A representação desta situação encontra-se na figura 11.

Figura 11: Teorias de apoio ao experimento

Até aqui temos apresentado posicionamentos de diferentes autores, da chamada “Nova Filosofia da Ciência”, acerca da construção e evolução do conhecimento científico e da comunidade científica. Apesar de certas divergências entre os autores, é possível indicar pontos comuns entre eles para a constituição de uma visão não distorcida da ciência. Gil Pérez *et al* (2001) resumem tais elementos:

- recusa da ideia do “Método Científico”, como um conjunto de regras bem definidas.
- recusa do empirismo, que entende o conhecimento como produto da inferência indutiva a partir “dados puros”.
- destaque do papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente, pois não se trabalha com base em certezas, mas em hipóteses que devem ser testadas.
- busca pela coerência global, uma vez que se trabalha com base em hipóteses, é preciso alcançar os mesmo resultados por vários caminhos.
- destaque para a compreensão do caráter social do desenvolvimento científico.

Os autores ainda destacam que:

“pode dizer-se que a essência da orientação científica - deixando de lado toda a ideia de ‘o método’ - se encontra na mudança de um pensamento, atitude e ação, baseados nas ‘evidências’ do senso comum, para um raciocínio em termos de hipótese, por sua vez mais criativo (é necessário ir mais além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter as hipóteses à prova cuidadosamente, isto é, confrontar com o mundo, duvidar dos resultados e procurar a coerência global). (GIL PÉREZ *et al*, 2001, p. 138).

E que o trabalho dos cientistas introduz, por vezes, artificialidade nos problemas a serem resolvidos, pela tentativa de controle rigoroso da situação – é preciso idealização, afastamento da realidade -, mas que isto não implica em uma análise parcial e simplista, uma vez que se tem consciência dos elementos que foram deixados de lado, neste momento, para que posteriormente se possa aumentar em complexidade o conhecimento científico (*ibidem*).

Assim, caminhamos no sentido de mostrar que a construção do conhecimento científico é um processo complexo e que depende de uma infinidade de fatores, ao contrário das visões ingênuas que têm sido apresentadas e propagadas pelo senso comum e mesmo nos meios acadêmicos. Na próxima seção lançaremos mão da teoria do conhecimento do materialismo dialético a fim de compreender melhor o processo de construção do conhecimento.

3.3 A produção do conhecimento no Materialismo Dialético

Se aos empiristas a experiência sensorial é a única fonte de conhecimento e aos racionalistas todo o conhecimento provém da razão humana, o materialismo dialético busca, na superação e na síntese desta contradição, as condições para a produção do conhecimento humano defendendo a unidade entre sensorial e racional e dando novos sentidos ao empírico e ao teórico, ao concreto e ao abstrato.

Ao propor a unidade entre o sensorial e o racional, não significa dizer que estes dois são diferentes estágios do conhecimento simplesmente justapostos, nem tampouco que ocorrem temporalmente separados, primeiro o sensorial depois o racional; mas que se interpenetram em todas as etapas do processo de desenvolvimento do conhecimento. Não se pode falar, no gênero humano, de um conhecimento puramente sensorial, pois:

“Seja qual for o conhecimento humano, ele é mediado pela prática antecedente, pelos resultados do pensamento das gerações anteriores, fixados nas palavras. [...] A prática¹⁹ do homem e seu pensamento introduziram mudança substancial, transformaram a experiência sensorial do homem, daí o conhecimento, independentemente da fase em que se encontre, implicar sempre, nessa ou naquela medida, momentos de processamento racional dos dados dos sentidos, razão porque ele é sempre pensamento.” (KOPNIN, 1978, p. 151).

Uma possível separação entre sensorial e racional somente é possível no plano filogenético, quando ainda não se podia falar de conhecimento humano prático; quando a relação animal-mundo nunca se elevava acima do conhecimento sensorial

¹⁹ Prática aqui tem sentido de práxis. Não é uma prática pragmática.

imediatos. Historicamente o pensamento sensorial foi associado ao empírico e o pensamento racional ao teórico; porém esta não é uma associação correta uma vez que

“Tanto o empírico como o teórico são *níveis do movimento do pensamento*. Diferem um do outro pela maneira e pelo aspecto em que neles é dado o objeto, pelo modo como é conseguido o conteúdo básico do conhecimento (...)” (*ibidem*, 1978, p.153)

O pensamento empírico apreende o objeto nas suas relações e manifestações exteriores, acessíveis por meio da contemplação viva; não deixa de ser racional no sentido apresentado anteriormente – de que no gênero humano não existe um pensamento puramente sensorial. Por outro lado, no pensamento teórico, o objeto é representado pelas relações internas, pela busca de abstrações que explicam o objeto. Isto é conseguido por meio da elaboração racional dos dados obtidos empiricamente. Enquanto o pensamento empírico tem um campo de validade bastante restrito, o pensamento teórico caminha para a universalidade de suas proposições, pois é capaz de transcender aquilo que é dado pela experiência imediata procurando produzir a verdade em toda a sua concreticidade e objetividade.

Devemos apontar ainda que:

“O empírico e o teórico são níveis relativamente independentes, a fronteira entre eles é até certo ponto condicional: o empírico se transforma em teórico e o contrário, o que em certa etapa da ciência se considera teórico, torna-se empiricamente acessível em outra etapa mais elevada. No entanto a separação de dois níveis diferentes tornou-se possível somente no período do pensamento científico maduro; até para a ciência antiga a divisão do conhecimento em empírico e teórico perde o sentido”. (*ibidem*, 1978, p.153)

Destacar que a fronteira é até certo ponto condicional - não rígida, tem o papel de apontar que teórico e empírico não são diferentes degraus do conhecimento, como muitas vezes se apresenta, mas processos que se interpenetram em todas as etapas da produção do conhecimento, assim como o sensorial e o racional. Tomemos como exemplo a evolução dos modelos que versam acerca dos constituintes da matéria, no campo da Física de Partículas. Partículas como os elétrons, próton e nêutrons passam a ser empiricamente acessíveis²⁰ em estágios posteriores do desenvolvimento científico. Estas partículas não são “naturalmente detectadas”, em outras palavras, o acesso empírico aos elétrons, prótons e nêutrons se dá por meio da utilização de complexos dispositivos de detecção especificamente construídos para esta finalidade, e sua construção está indubitavelmente atrelada ao conhecimento teórico, alcançado em uma etapa anterior, que versa sobre tais partículas. Abrantes e Martins (2007) destacam que o conhecimento teórico é prenhe de conteúdos empíricos, “uma vez que o verdadeiro conhecimento não nos é dado pela contemplação viva ou pelo contato imediato” (ABRANTES & MARTINS, 2007, p. 317)

No materialismo dialético a produção do conhecimento se dá pelo contínuo movimento de redução do concreto sensório (inicial, primitivo) ao abstrato e a posterior (não em sentido causal, nem temporal, mas dialético) ascensão ao concreto real, no qual toda a complexidade e todas as contradições se fazem presentes. O movimento de abstração não pode ser senão uma redução, pois isola elementos do concreto sensório e os transforma por meio da atividade racional. “As abstrações não substituem a contemplação viva mas é como se as continuasse, são um novo degrau qualitativamente diverso no movimento do conhecimento” (KOPNIN, 1978, p. 159).

É neste sentido que o conhecimento não emana nem do concreto nem do abstrato, mas do movimento entre estes dois polos, da superação destas contradições pela síntese dialética. É somente assim que a realidade pode ser apreendida em suas múltiplas determinações ampliando nosso conhecimento dentro dos limites históricos de cada etapa da produção científica:

²⁰ O acesso se dá por meios indiretos

“Deste modo, o pensamento humano é, pela sua natureza, capaz de nos dar, e dá, a verdade absoluta, que se compõe da soma das verdades relativas. Cada degrau no desenvolvimento da ciência acrescenta novos grãos a esta soma da verdade absoluta, mas os limites da verdade de cada tese científica são relativos, sendo ora alargados ora restringidos à medida que cresce o conhecimento” (LÊNIN, 1982, p. 101)

A distinção entre *verdade absoluta* e *verdades relativas* somente é possível uma vez que a realidade não nos é dada diretamente, pela simples contemplação do real, mas por meio da atividade produtiva humana que está condicionada os limites históricos de cada etapa do processo de construção do conhecimento científica – os limites são, ao mesmo tempo, *relativos* e *absolutos* dadas as condições históricas de produção. O materialismo dialético não nega a existência de uma realidade objetiva porém, entende que a realidade não nos é dada diretamente – a realidade é também produzida dialeticamente pelo gênero humano. É neste sentido que entendemos a Física como uma atividade humana.

3.4 A Física como Atividade Humana

Encerramos a seção anterior afirmando que a Física é uma atividade humana e é a este aspecto que voltaremos nossa atenção com maiores detalhes.

Para o idealista o mundo é fruto da consciência do homem sobre ele; para o materialista ingênuo o mundo pré-fabricado é que determina o pensamento humano. Mas para o materialismo dialético? Quem determina quem? A realidade e o pensamento humano determinam-se reciprocamente.

“A forma pela qual os homens produzem seus meios de vida depende sobretudo da natureza dos meios de vida já encontrados e que eles precisam reproduzir. Não se deve, porém, considerar tal modo de produção de um único ponto de vista, ou seja, a reprodução da existência física dos indivíduos. Trata-se muito mais de uma forma determinada de atividade dos indivíduos, de uma determinada forma de manifestar sua vida, um modo de vida determinado. Tal como os indivíduos manifestam sua vida, assim são eles. O que eles são coincide, portanto, com sua produção, tanto com o que produzem, como o modo como produzem. O que os indivíduos são, por conseguinte, depende das condições materiais de sua produção” (MARX & ENGELS, 2005, p. 44).

Na perspectiva do materialismo dialético existe uma realidade que independe do ser humano, por exemplo, quando se afirma que a Terra originou-se muito antes da existência humana, ou que os dinossauros existiram e foram extintos antes dos seres humanos tivessem consciência da existência deles. Ressaltamos a utilização do artigo indefinido “uma” – uma realidade; e não o artigo definido “a” - a realidade. Estamos afirmando que a realidade, em si, não é absoluta, não é única, mas se manifesta em suas múltiplas facetas. Existe um aspecto da realidade que independe do ser humano, mas a atividade humana é que determina a complexidade do real apreendida pelo pensamento humano, ao passo que a realidade dialeticamente determina a existência humana.

Para Lênin:

“O homem tem diante de si uma rede de fenômenos da natureza. O homem instintivo, primitivo, não faz distinção entre si e a natureza. O homem consciente o faz, e as categorias são níveis dessa distinção, i.e., são níveis de conhecimento do mundo, pontos de confluência na

rede, que ajudam a conhecê-la e dominá-la” (LÊNIN apud KOPNIN, 1978, p. 91).

Neste sentido, ao tomar consciência da realidade dos fenômenos que o cerca, o homem vai se constituindo como um ser prático, capaz de conhecer e dominar os fenômenos por meio de sua atividade e de atribuir sentidos ao mundo. Bakhtin vem afirmar que “cada campo de criatividade ideológica tem seu próprio modo de orientação para a realidade e refrata a realidade à sua própria maneira” (BAKHTIN, 2006, p. 31.). A física, a química, a biologia etc. então, constituem campos de atividade ideológica refletindo e refratando a realidade da sua própria maneira, constituem-se como uma esfera ideológica com suas linguagens, suas práticas, seus participantes, seus rituais, suas crenças, como os estudiosos do campo da sociologia da ciência tem encarado a comunidade científica (LATOUR & WOOLGAR, 1997). É desta maneira então que entendemos a ciência e seus conceitos como produtos ideológicos, signos que somente possuem significados quando mergulhados numa ideologia. Segundo Marx e Engels:

“A produção das idéias, das representações e da consciência está, a princípio, direta e intimamente ligada à atividade material e o comércio material dos homens; ela é a linguagem da vida real. As representações, os pensamentos, o comércio intelectual aparecem aqui ainda como uma emanção direta de seu comportamento material. O mesmo acontece com a produção intelectual tal como se apresenta na linguagem da política, nas leis, da moral, da religião, da metafísica etc. De um todo um povo. São os homens que produzem suas representações, suas idéias etc., mas os homens reais, atuantes, tais como são condicionados por um determinado desenvolvimento de suas forças produtivas e das relações que a elas correspondem, inclusive as mais amplas formas que estas podem tomar. A consciência nunca pode ser mais que o ser consciente; e o ser dos

homens é o seu processo de vida real” (MARX & ENGELS, 2005, p. 51).

Assim, a “realidade Física” não nos é dada pela simples contemplação do concreto sensório, do primitivo que nos é apresentado sem a mediação do pensamento teórico objetivado pela história da humana, sobretudo, pelo pensamento científico anterior. É por meio da atividade produtiva do homem que a *realidade Física* é objetivada e é capaz de abrir novos caminhos para a evolução do pensamento. Lembramo-nos das categorias empírico e teórico que determinam-se reciprocamente e o acesso àquilo que é empírico no atual estágio de desenvolvimento é devido ao pensamento teórico acumulado pela experiência humana passada. Como nos aponta Vázquez:

“Os problemas filosóficos fundamentais têm que ser formulados em relação à atividade prática humana, que passa assim a ter a primazia não só do ponto de vista antropológico - posto que o homem é o que é em e pela práxis - , histórico - posto que a história é em definitivo, história da práxis humana - , mas também gnosiológica - como fundamento e objetivo do conhecimento, e critério de verdade - e ontológico - visto que o problema das relações entre o homem e natureza, ou entre o pensamento e o ser, não pode ser resolvido à margem da prática” (VÁZQUEZ, 1977, p. 36).

Isto significa que o ser humano constitui-se por meio de sua atividade prática, e não simplesmente por meio de uma prática no qual o pensamento teórico não desempenha nenhum papel – a prática pragmática, utilitarista. É na práxis que os problemas fundamentais científicos podem originar-se e a física pode constituir-se como um modo de ser no mundo e entendida como uma resposta aos problemas relacionados à existência material humana.

Por problemas entendemos:

“[...] aquilo que não foi apreendido pelo homem mas que é necessário apreender. (...) No entanto, não é todo o não-conhecido que constitui o problema científico, que não é simplesmente um não conhecimento, mas um conhecimento do não conhecimento. Não se escolhe como problema qualquer objeto que o pesquisador queira conhecer, o que este objeto constitui, as leis a que ele se subordina, mas só um objeto sobre o qual o conhecimento é realmente possível sob as condições vigentes.” (Kopnin, 1978, p.230).

Aqui novamente entendemos que a realidade não nos é dada simplesmente pelo contato dela com o sujeito cognoscente. Nem tampouco a sua característica de problemática é-nos dada independente da atividade produtiva – a categoria problema surge do contínuo desvelar das relações materiais que se apresentam ao homem e que determinam reciprocamente sua capacidade conhecer-produzir a realidade. É neste sentido que a Física se torna a resposta para muitos problemas humanos, ao passo que suscita uma infinidade de outros. Compreender a Física como manifestação humana no mundo e de compreensão da realidade (e na criação dela) traz consequências importantes sobretudo para o ensino de ciências, que tem sido dogmático e que vê e propaga a ciência como a-histórica e portanto longe da vida que se vive. Porém, é importante ressaltar que em determinadas situações, a ciência tem se constituído como produtora e reprodutora de uma estrutura alienada tipicamente capitalista e que serve aos propósitos de capital - do lucro e da manutenção de relações de exploração - ao invés da promoção da emancipação humana, que deveria ser inerente a toda atividade não exploratória.

3.5 A experiência na perspectiva sócio-cultural-histórica

*“Eu prefiro ser
Essa metamorfose ambulante
Do que ter aquela velha opinião
Formada sobre tudo”*
Metamorfose Ambulante – Raul Seixas

Até o momento dedicamo-nos a apresentar a polissemia de “experiência” nos no senso comum e na filosofia; nos dedicamos, ainda, a analisar o conceito de experiência-experimento no que diz respeito à produção de conhecimento científico na Física - como possibilidade de comprovação empírica das hipóteses que se formula. Buscamos, ainda, a síntese entre empírico e o teórico por meio do materialismo dialético. Porém, resta-nos o questionamento de qual sentido “experiência” possui dentro da perspectiva sócio-cultural-histórica. De como o indivíduo singular é capaz de experimentar o mundo.

Como já expusemos, é nosso desejo delimitar melhor a noção de experiência e discutir as implicações da “experiência” na constituição do gênero humano e do indivíduo singular. Segundo Larrosa (2003) é preciso dar novamente legitimidade e dignidade à experiência; é preciso tirar dela toda contaminação que a sociedade moderna vem impondo, sociedade no qual a experiência quase não é mais possível. Para ele:

“A experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca. Não o que se passa, não o que acontece, ou o que toca. A cada dia se passam muitas coisas, porém, ao mesmo tempo, quase nada nos acontece. Dir-se-ia que tudo o que se passa está organizado para que nada nos aconteça.” (Larrosa, 2002, p. 21)

Neste sentido, é possível que tenhamos vivido e venhamos a viver uma infinidade situações em que nada nos acontece, em que a experiência não é possível. Somos amputados da possibilidade de experimentarmos aquilo que vivemos, que

aquilo se torne para nós experiência. Larrosa nos aponta elementos que impedem a experiência, elementos que são quase uma a-experiência, o oposto dela: o excesso de informação, o excesso de opinião, o periodismo, a falta de tempo, o excesso de trabalho.

Se experiência é o que nos acontece, é preciso suspender toda a necessidade fugaz de informação, de satisfação imediata de estar bem informado e poder opinar sobre tudo e sobre todos, é preciso de tempo. Para ser sujeito da experiência é preciso ser território de passagem, é preciso passividade, não no sentido oposto ao de ser ativo, mas no sentido de paixão, pois o sujeito da experiência se define por sua receptividade. Para que a experiência aconteça é preciso parar para pensar, escutar mais, ver mais, se demorar mais nos detalhes.

Se o ser humano é ao mesmo tempo singular e genérico, particular e universal, a experiência é ser capaz de dar um sentido único diante de todo o já dado, é poder apropriar-se de sua própria individualidade e constituir-se conscientemente como ser humano, mediado pelo mundo, não como um produto determinado biologicamente ou pelas relações de classe, mas como construtor de sua própria existência.

Destacamos assim dois grandes sentidos que nos foram suscitados ao longo deste levantamento dos sentidos: o da experiência como método capaz de reprodução universal e o da experiência como singular, única e irrepetível. Apoiados no materialismo dialético ousamos sugerir uma síntese dialética destas duas categorias. E buscamos fazer isto também por meio de um esquema, que está presente na figura 12.

Começamos fazendo uma distinção entre aquilo que acontece e aquilo que nos acontece. Separamos ainda dois lados que determinam-se reciprocamente: o sujeito particular de um lado e o mundo do outro. Na sua experiência com o mundo, o sujeito vive sua experiência singular e vai atribuindo sentidos àquilo que o acontece; porém, dialeticamente, e na coletividade, vai transformando o mundo, objetivando-o e estabilizando significados partilhados coletivamente. É neste sentido que a experiência individual é, ao mesmo tempo, particular e universal. E a experiência coletiva é, ao mesmo tempo, universal e particular. É a mediação do mundo pelo sujeito particular e a mediação do sujeito particular pelo mundo. E Pazello define esta relação homem-

mundo: “Assim, a unidade homem-mundo só é concretizada quando o homem percebe que ele também é criador de realidade.” (PAZELLO, 2011, p. 98).

Figura 12: A experiência - Objetivação e Subjetivação

4. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

No capítulo anterior nos dedicamos a apresentar os sentidos de experiência e experimentação em diversas áreas. Reservamos, porém, este capítulo para levantar os sentidos de experimentação, unicamente no ensino de ciências, e entender de que maneira tal recurso de ensino-aprendizagem vem sendo concebido pelos pesquisadores e professores e como vem sendo utilizado (se utilizado) em nossas escolas. Deixamos uma seção específica para os típicos problemas que os professores e alunos encontram diante do objeto experimental – problemas que serão analisados no quinto capítulo. Ao final do capítulo buscamos fazer explícitas algumas relações entre concepções de ciência e práticas educacionais que têm sido tradicionalmente desenvolvidas.

4.1 Os sentidos atribuídos a experimentação como recurso de ensino-aprendizagem

As atividades experimentais como ferramenta de ensino-aprendizagem são utilizadas há mais de um século e defendidas por muitos pesquisadores e professores como fundamentais numa aula de ciências. Para muitos a experimentação é a marca das ciências da natureza, cujo ensino então, é impensável sem o laboratório (TRUMPER, 2003). No Brasil atribui-se muitas vezes o fracasso do ensino de ciências a escassa utilização de atividades deste tipo (BORGES, 2002). Fora do Brasil encontramos também exemplos da importância creditada ao laboratório, como a partir da década de 50 do século XX, com os grandes projetos PSSC e Nuffield dando grande ênfase nas atividades de laboratório.

No trabalho de Araújo e Abib (2003) é feita uma revisão dos trabalhos publicados, entre 1992 a 2001, em revistas nacionais que abordam a temática “Atividades Experimentais no Ensino de Física”. A principal contribuição que este artigo nos traz é a identificação das diferentes abordagens e finalidades que vêm sendo atribuídas à atividade experimental, pelos pesquisadores em Ensino, na sala de aula.

Não podemos concluir, a partir deste trabalho, como as atividades experimentais estão sendo realmente aplicadas (se aplicadas) de uma maneira mais geral.

Araújo e Abib (2003) indicam que a utilização de atividades experimentais tem sido apontada, por professores e alunos, como responsável pela diminuição das dificuldades de aprendizagem. Afirmam, também, que esta utilização assume abordagens bastante distintas, que vão desde a verificação de leis e teorias até situações que privilegiam que os alunos possam refletir e rever suas explicações sobre os fenômenos.

Os autores classificaram as diferentes abordagens, presentes nos artigos revisados, por seu direcionamento: investigação, demonstração e verificação ou em função da ênfase matemática: quantitativos e qualitativos e, por fim, em função de sua aplicação no cotidiano, da utilização de novas tecnologias e da construção de equipamentos.

Segundo os autores, independentemente da estratégia desenvolvida, nos trabalhos revisados há uma unanimidade na defesa de que a atividade experimental é capaz de estimular a participação ativa dos estudantes e proporcionar um ambiente motivador para o processo de ensino-aprendizagem.

Barros e Housoume (2008) lançam “Um olhar sobre as atividades experimentais nos livros didáticos de Física” aprovados no Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) e apontam que

“muitos professores buscam nas atividades experimentais um meio de promover um aprendizado ativo e contextualizado e a escolha de um livro didático, muitas vezes, está condicionada a existência destas em seu texto. Mesmo considerando importante este tipo de atividade em sua prática pedagógica, poucos são os professores que as utilizam” (BARROS & HOUSOUME, 2008, p. 2).

Corroborando essa afirmação, Arruda e Laburú (1998) verificaram que professores da região de Londrina assumem que a experimentação serve, em sua maior parte, para verificar a teoria, facilitar o aprendizado e despertar a curiosidade, mas geralmente não as utilizam. Mesmo em escolas que possuem kits experimentais, os professores justificam o não uso por motivos como falta de tempo para a organização, falta de manutenção dos laboratórios e também pelo ensino estar voltado para os vestibulares.

Ainda neste trabalho, os autores defendem que a utilização de experimentos não pode constituir simplesmente uma fuga das situações comuns (aulas expositivas com giz e lousa), cuja única finalidade é tirar o aluno da posição inerte, mas deve constituir uma estratégia com dimensões maiores e com significados coerentes, tanto para os professores quanto para os alunos. Neste sentido, todas as formas de experimentação, seja de demonstração ou manuseio por parte dos alunos, assumem resultados positivos quando bem planejadas. Esta crítica repousa sobre um indício na análise dos livros didáticos, que a maior estratégia utilizada pelos autores é a de deixar a experimentação a cargo do aluno.

Apesar da grande importância atribuída à atividade experimental, está longe de existir um consenso entre professores e pesquisadores acerca de sua utilização, seus objetivos e métodos. Alguns autores afirmam que a utilização de atividades experimentais é responsável pela diminuição das dificuldades de aprendizagem encontradas pelos estudantes (ARAÚJO & ABIB, 2003). Porém, pesquisas não são capazes de mostrar de maneira clara, até então, a relação entre a realização de atividades experimentais e o aprendizado de ciências, entre manipular objetos e aprender leis, conceitos, teorias ou mesmo habilidades práticas relacionadas ao laboratório (HOFSTEIN & LUNETTA, 2003; ABRAHAMS & MILLAR, 2008; HWANG & ROTH, 2007).

Para Hodson (1991) a maneira como é utilizado o laboratório didático é confusa e contribui pouco para o aprendizado de ciências. Esta confusão está, em parte, relacionada à infinidade de abordagens que se consegue com a utilização de atividades experimentais.

Autores como Hofstein e Lunetta (1982 e 2003), Hodson (1993), Millar *et al* (1998), Welzel *et al* (1998) e Kang & Wallace (2005) apontam a diversidade de objetivos com os quais as atividades experimentais são concebidas. Tais objetivos podem, segundo Trumper (2003), que analisa os objetivos das atividades experimentais até a década de 1970, serem colocados em quatro grandes categorias:

- *Habilidades*. Nesta categoria os objetivos estão relacionados a habilidades adquiridas através da atividade experimental: manipulação de instrumentos, habilidades de investigação, de organização de dados, de comunicação, de pensamento crítico e de resolução de problemas.

- *Conceitos*. Na segunda categoria encontramos os aspectos relacionados aos conceitos científicos: a sua 'visualização' através da experimentação, a de utilização dos conceitos aprendidos em outros níveis e o aprendizado de novos conceitos.

- *A natureza da ciência*. Na terceira categoria encontramos os objetivos relacionados a fazer com que o aluno compreenda quais os processos da ciência, o seu desenvolvimento e os métodos de trabalho dos cientistas.

- *Atitudes*. Por fim, os objetivos relacionados a atitudes diante da atividade experimental: a curiosidade, a relação com a realidade, o grau de abertura, a objetividade, a precisão dos resultados e a cooperação no trabalho em grupo.

Segundo Trumper (2003), a partir da década de 1970, tais objetivos sofreram algumas modificações causadas pelas novas tendências, apoiadas nos trabalhos de Piaget e de Vigotski, que se fizeram presentes no ensino de ciências. No primeiro autor destaca-se o papel ativo que o estudante tem ao assumir a posição de construtor de seu conhecimento, origina-se assim uma valorização dos objetivos relacionados às possíveis habilidades desenvolvidas por meio da realização de atividades experimentais em detrimento da aprendizagem de conceitos, por exemplo. No segundo autor tem-se um destaque especial para o espaço privilegiado de interações sociais que são conseguidas por meio da utilização de atividades desta natureza.

Entendemos que as quatro categorias propostas por Trumper (2003) não se limitam somente aos objetivos atribuídos à experimentação anteriormente à década de 1970. A nosso ver, qualquer “novo” objetivo, seja ele mais geral ou com enfoque diferenciado, deve apresentar necessariamente elementos presentes nesta “antiga” categorização. Esta posição que assumimos esta baseada na análise que fazemos do trabalho de Welzel *et al* (1998)²¹, que ao investigarem os objetivos da experimentação, propõem uma categorização muito similar a de Trumper (2003) sem mencionar uma possível ruptura na década de 1970. Para Hofstein e Lunetta (2003), estes objetivos atribuídos às atividades experimentais se confundem muitas vezes com aqueles atribuídos ao ensino de ciências de maneira geral.

No Brasil os Parâmetros Curriculares Nacionais expressam alguns sentidos atribuídos à experimentação no ensino de ciências. Num primeiro momento indica a sua importância, uma vez que “experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós” (BRASIL, 2002, p. 55) e:

“É indispensável que [...] esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável” (BRASIL, 2002, p. 84).

Nesta citação, os autores apontam que a experimentação pode ser responsável pelo despertar da curiosidade e de uma mudança epistemológica: a de sempre indagar qualquer que seja a *verdade* que é apresentada – isto implica numa ruptura bastante

²¹ No anexo 1 trazemos os objetivos elencados por Welzel (1998), em grandes categorias e suas subcategorias.

grande com o ensino fundamentalista que nossas escolas vêm apresentando, o de uma ciência morta, cuja existência é distante da vida dos alunos, de uma ciência que não pode ser tocada nem questionada. O documento oficial apresenta, ainda, uma concepção educacional: a de que o aluno pode por meio da experimentação construir seu próprio conhecimento, mas para que isto aconteça é necessário:

“retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando-se ‘experiências’ que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno” (*ibidem*, p. 84).

E por fim, aponta que a experimentação não precisa acontecer somente no espaço do laboratório, com equipamentos sofisticados e caros, difíceis de manusear. O enfoque deve ser mais nas competências e habilidades do que nos materiais, uma vez que:

“Experimentar pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimulando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais.” (*ibidem*, p. 84).

Ressaltamos, mais uma vez, que apesar de se atribuir a experimentação a possibilidade de trazer melhoraria para os processos de ensino aprendizagem de ciência, tal possibilidade ainda não foi alcançada (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004) , seja

por problemas de estrutura, que não permitem sua realização, seja por desconhecimento de melhores práticas relacionadas a este tipo de atividade.

Este levantamento nos traz um panorama geral e nos permite ter em mente a infinidade de maneiras com que as atividades experimentais podem ser concebidas. Além dos diversos sentidos, encontramos diversos problemas que são atribuídos à experimentação como ferramenta de ensino/aprendizagem; é isto que elencamos na próxima seção.

4.2 Os velhos problemas

O questionamento que se faz pertinente neste momento é: “Por que então as atividades experimentais, como ferramentas de ensino-aprendizagem não tem gerado tantos frutos quanto se acredita?”.

Além da diversidade de sentidos, objetivos e enfoques com que as atividades experimentais são concebidas – apresentados na seção anterior e que respondem nosso primeiro questionamento, a literatura específica da área também aponta os típicos problemas enfrentados por professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem de ciências por meio de atividades desta natureza. Ressaltamos novamente que não é nosso objetivo esgotar a lista de todos eles, mas elucidar pontos importantes para a análise que pretendemos fazer aqui.

Diversos autores (HODSON, 1993, 2001; HOFSTEIN & LUNETTA, 2003) apontam que frequentemente professores e alunos não possuem o mesmo objetivo durante a realização da atividade experimental. É comum estudantes não perceberem quais as intenções do professor com determinada tarefa e interpretar que o principal é fazer o fenômeno acontecer, chegar a uma “resposta correta” ou seguir uma “receita” pré-estabelecida, por exemplo. Muitas vezes os objetivos da experimentação não estão claros nem para o professor, constituindo-se apenas de uma fuga do tradicional espaço da sala de aula ou dos típicos exercícios de memorização, o que dificulta de

sobremaneira a negociação de um objetivo comum acerca do laboratório didático. Este problema não é exclusividade de uma ou outra abordagem, mas se faz presente em todas elas e também no processo educacional de maneira geral.

Outro problema está relacionado com as tarefas realizadas pelos estudantes, que frequentemente constituem-se de puras mecanizações, como fazer o fenômeno acontecer repetidas vezes para tomada de dados de um modo indiscriminado ou de preenchimento de tabelas para a construção de gráficos. Aos estudantes não são proporcionados meios para refletir sobre sua prática, de ter uma atitude consciente sobre suas ações e sobre seu aprendizado, de propor perguntas e respostas, de dar sentidos às medidas tomadas ou de negociar com colegas e professor os próximos passos a serem seguidos na investigação (BORGES, 2002; HOFSTEIN & LUNETTA, 2003).

Muitas vezes os estudantes falham em perceber qual a relação entre o aparato experimental que manipulam e a investigação que conduzem; para eles não existe conexão entre o “fazer experimental” e o “pensar teórico” - campos separados do saber humano no senso comum. Além disso, os estudantes não conseguem estabelecer conexões entre a atividade experimental que realizam e outras atividades da sua vida, dentro ou fora da escola (HOFSTEIN & LUNETTA, 2003; KANG & WALLACE, 2005). Quando se lança mão de atividades experimentais, existe uma crença de que o experimento é “auto-evidente”, como se as relações mais profundas existentes entre os componentes experimentais e teóricos estivessem presentes no próprio objeto experimental, muitas vezes explicitamente. Nesta perspectiva ingênua, um olhar acurado pode dali extrair leis ou conceitos gerais; pode-se aprender ciência somente olhando ou realizando um experimento científico.

Ao realizar atividades experimentais, os estudantes raramente percebem discrepâncias entre seus conceitos e dos seus colegas com os da ciência (HOFSTEIN & LUNETTA, 2003). Diante do objeto experimental o aluno não vê problemas nas suas explicações que, em muitos casos, mesmo conflitando com o fenômeno analisado, continua sendo defendida por ele como a mais adequada. Em algumas correntes pedagógicas, como o Movimento das Concepções Alternativas ou Mudança Conceitual, muito forte a partir da década de 1970, o experimento tinha muitas vezes o papel de

criar no aluno conflitos cognitivos em relação aos conceitos previamente estabelecidos (LIMÓN, 2001; GREYSON, 2004). O aluno, então, percebendo a incongruência entre os seus conceitos e os da ciência, abandonaria os antigos e passaria a utilizar somente os científicos. A mudança conceitual, concebida desta forma, falha, uma vez que os alunos nem sempre enxergam as divergências apontadas pelo experimento, e mesmo quando enxergam, os conceitos prévios possuem forte ligação com a experiência cotidiano do sujeito. Neste sentido, os conceitos não são erradicados, como esperado.

A tomada e a análise de dados são também apontadas, por alguns autores (MARINELI & PACCA, 2006; LABURÚ & BARROS, 2009), como problemáticas. Os alunos têm dificuldade de perceber o que realmente importa nas medidas que estão sendo tomadas e o que poderia ser descartado (MARINELI & PACCA, 2006). Têm dificuldades de estabelecer conexões entre as variáveis envolvidas e acreditam, muitas vezes, que somente uma única medida é suficiente para que se conheça o valor da grandeza que se deseja medir, medidas adicionais e o tratamento dos erros tornam-se dispensáveis, este é um fenômeno conhecido como “Paradigma Pontual” (ALLIE *et al.*, 1998; BUFFLER *et al.*, 2001).

A partir de estudo de relatos, na área de Pesquisa em Ensino de Física, de experiências pedagógicas brasileiras, Pena e Ribeiro Filho (2009) investigam os fatores que dificultam o uso da experimentação no ensino de Física no Brasil. Os resultados por eles apresentados vêm corroborar com aqueles que já apresentamos e apontam ainda outras facetas da experimentação.

Os autores afirmam que, apesar do crescente interesse dos professores e pesquisadores na experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências, os professores apresentam dúvidas do que realmente os alunos aprendem por meio de experimentos. Outro aspecto importante é o despreparo dos professores para trabalharem com atividades desta natureza, além dos típicos problemas de infraestrutura (das condições do laboratório, número de alunos por turma etc.).

Com o objetivo de analisar com mais detalhes as atividades práticas, Millar *et al* (1999) propõem um mapa, ou um sistema classificatório, que permite descrever em detalhes uma parte específica da atividade experimental. Para eles não faz sentido

perguntar se as atividades experimentais, de maneira geral, são eficazes como instrumentos de ensino-aprendizagem, uma vez que podem assumir formas e objetivos bastante diversos, mas se partes específicas desta atividade promovem melhorias no processo ensino-aprendizagem.

Este mapa é uma pequena variação daquele utilizado em projeto chamado *Improving Labwork in Science Education* (MILLAR *et al*, 1998). Este mesmo referencial de análise foi utilizado por Abraham e Millar (2008) a fim de estudar a eficácia das atividades experimentais, da maneira que são tradicionalmente abordadas.

A figura 13 ilustra, segundo Millar *et al* (1999), o esquema geral de uma atividade experimental. No bloco A, o primeiro passo na realização da atividade, encontramos os objetivos pretendidos pelo professor com a realização da atividade, ou seja, aquilo que professor pretende ensinar e espera que o aluno aprenda. O bloco B representa a montagem experimental concebida para ser um objeto de ensino, a qual depende do bloco A e das formas como o professor entende a ciência, o ensinar e o aprender e qual contexto se desenvolverá com a atividade. No bloco C encontramos aquilo que os alunos realmente fazem durante a tarefa prática, que pode ser aquilo que o professor espera ou algo totalmente diverso. Por fim, no bloco D, encontramos aquilo que o aluno realmente aprende realizando a tarefa proposta pelo professor. A conexão entre os blocos C e D estão relacionadas às visões dos estudantes acerca da ciência e dos processos de aprendizagem, e novamente ao contexto no qual a tarefa é realizada.

Millar *et al* (1999), a partir deste modelo, discutem dois níveis de eficácia que as atividades práticas apresentam: nível 1 – aquele existente entre os blocos B e C, aquilo que os estudantes realmente fazem; e o nível 2 – aquele existente entre os blocos A e D, aquilo que os estudantes realmente aprendem. Fazem ainda uma distinção entre as ações dos estudantes em dois domínios: dos observáveis e das ideias. Estas ações são resumidas pela tabela 1.

Figura 13: Esquema de análise das atividades experimentais

Eficácia	Domínio dos Observáveis (O)	Domínio das Ideias (I)
Uma tarefa é eficaz no nível 1 (nível do fazer) se...	...os estudantes fazem com os objetos e materiais dados aquilo que o professor espera que eles façam, e gerem o tipo de dado pretendido pelo professor.	... enquanto realizam a tarefa, os estudantes pensam sobre suas ações e observações usando as ideias que o professor pretende que eles usem.
Uma tarefa é eficaz no nível 2 (nível do aprender) se...	... os estudantes podem mais tarde lembrar coisas que fizeram com os objetos e materiais, ou observaram enquanto realizavam a tarefa, e características chave dos dados que coletaram.	... os estudantes podem mais tarde mostrar entendimento das ideias das tarefas projetadas para ajudá-los a aprender.

Tabela 1: Eficácia das atividades experimentais - Abrahams e Millar (2008, p. 1949)

Abrahams e Millar (2008), em outro trabalho no qual este esquema é usado, justificam-se diante de uma possível crítica a esta distinção entre observáveis e ideias:

“Uma possível objeção a este quadro teórico é que toda observação é ‘guiada pela teoria’, portanto, não há distinção clara entre observáveis e ideias. Hanson argumenta que mesmo as básicas proposições de observação que relatam a experiência sensorial são dependentes do quadro teórico no qual o observador opera. Feyerabend vai mais longe, afirmando que as ‘proposições de observação não são apenas guiadas pela teoria ... mas totalmente teóricas’. Ele argumenta, no entanto, que uma distinção pragmática pode ser feita entre as proposições observacionais e teóricas [...] A distinção que traçamos neste estudo entre o domínio de objetos e observáveis e o domínio das ideias (e, portanto, entre as declarações sobre estes domínios) é pragmática, ao longo destas linhas. Aceitamos que as observações são, em algum nível, ‘guiadas pela teoria’, mas argumentamos que a extensão de sua ‘guia pela teoria’ difere consideravelmente, e que a teoria pela qual uma dada declaração é “guiada” muitas vezes não está em questão ou em teste no contexto em que a declaração está sendo afirmada. A distinção entre observáveis e ideias é, acreditamos, valiosa e importante na análise da eficácia das tarefas práticas”. (ABRAHAMS & MILLAR, 2008, p. 1950)

Apesar de conscientes das críticas que poderiam receber, os autores optaram por utilizar uma separação entre observáveis e ideias, concepção dicotômica que já nos esforçamos por superar²². Como resultado, Abrahams e Millar (2008) encontram

²² Já havíamos apontado que existe uma teoria, mesmo que implícita, em toda prática, por mais pobre que seja a práxis da atividade humana. Mais adiante retomaremos este quadro de análise e olharemos para ele na perspectiva sócio-cultural-histórica.

que, aparentemente, os professores separam o conhecimento científico dos métodos de investigação científica, dando mais atenção aos conteúdos a serem ensinados do que aos métodos de condução do experimento, esperando que os alunos tacitamente saibam planejar e conduzir um experimento científico. Neste sentido, existem diferenças de eficácia no domínio dos observáveis e no domínio das ideias, uma vez que os professores frequentemente apresentam como objetivo fazer os alunos aprenderem conceitos científicos, porém, não deixam explícito como tal aprendizado pode ser possível por meio dos observáveis. Ainda é muito forte a crença na aprendizagem por descoberta.

Outro aspecto interessante ressaltado por Abrahams e Millar (2008) é que um dos grandes objetivos da experimentação é conectar o domínio das ideias com o domínio dos observáveis, mas, apesar disto, muito poucas atividades são concebidas para que esta conexão seja feita durante a própria atividade experimental; ou seja, a conexão entre a teoria e a prática é buscada em lugares e momentos diferentes, enquanto o interessante é que isto pudesse ser feito durante a experimentação.

Por fim, os autores destacam que as atividades experimentais seriam mais interessantes se os professores conseguissem separar as tarefas que possuem maiores dificuldades e assim as utilizarem no momento certo a fim de alcançarem o objetivo pretendido, evitando simplesmente fazer com que os alunos observem os fenômenos ou sigam uma receita. Concluem que é necessário sempre avaliar a eficácia das estratégias utilizadas e assim aumentar a “recompensa” dos estudantes em termos de aprendizagem.

Encerramos esta seção de posse de vários sentidos atribuídos à experimentação no ensino de ciências e, sobretudo de típicos problemas enfrentados por professores e alunos diante do experimento. No próximo capítulo tais problemas serão revisitados e daremos novos sentidos à experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências.

5. NOVA LUZ SOBRE VELHOS PROBLEMAS

5.1 Revisitando os velhos problemas atribuídos à experimentação

No capítulo anterior apresentamos diversos sentidos que têm sido atribuídos à experimentação como recurso de ensino-aprendizagem de ciências. Além dos diversos sentidos, a literatura específica nos apresentou típicos problemas que professores e alunos enfrentam diante de atividades experimentais. Neste capítulo lançamos mão do arcabouço teórico que viemos apresentando e discutindo até aqui, com o objetivo de fundamentar as origens de tais problemas, sobretudo, aqueles relacionados aos processos de ensino-aprendizagem. Buscaremos entender os mecanismos pelos quais estes problemas surgem e buscaremos apontar elementos que visem a sua superação, proporcionando melhorias no processo de educação científica via experimentação – e não só por meio dela.

Diante dos problemas que pretendemos fundamentar sob a perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade, a saber: os diferentes objetivos dos alunos e professores, a não reflexão/conexão dos alunos entre a atividade experimental e outras atividades, a não percepção de discrepâncias nos seus conceitos e os da ciência e o problema da medida²³, entendemos que em maior ou menor grau todos eles estão associados ao não compartilhamento do objeto, pelos professores e alunos, na atividade educacional que se estabelece. Entendemos, sobretudo, que o compartilhamento de objetos é um elemento fundamental na atividade humana, uma vez que o objeto²⁴, nesta perspectiva que adotamos, é capaz de sintetizar em maior ou menor grau o motivo que faz com que ações e operações sejam coordenadas; em

²³ Existe ainda uma infinidade de outros problemas que não abordaremos aqui de maneira crítica por fugirem dos objetivos deste trabalho, como por exemplo, problema com a falta de laboratórios, falta de financiamento, políticas públicas educacionais, salário dos professores etc. Aqui nos dedicamos aprofundadamente aos processos de ensino-aprendizagem.

²⁴ Adiante nos deteremos a analisar o objeto e fazer uma diferenciação entre o objeto empírico e o objeto real da atividade prática.

outras palavras, a atividade humana é orientada pelos objetos. Tal movimento se dá por meio do contínuo processo de produção e reprodução de objetos que emergem das complexas relações do homem com o mundo – as suas atividades, sejam elas as atuais ou aquelas que no passado objetivaram o mundo como o conhecemos.

Neste sentido, buscamos analisar por quais motivos os indivíduos não conseguem tal compartilhamento. Apontamos ainda que as apropriações feitas pelos indivíduos podem ser alienadas-alienantes²⁵ impossibilitando o estabelecimento da relação entre o todo e as partes constituintes da atividade humana, ocasionando uma separação entre o motivo individual e objeto da atividade – o que chamaremos de uma estrutura alienada.

5.1.1 Compartilhando objetos na atividade

Comumente, *objeto* é um termo genérico utilizado para se referir a alguma coisa: um copo, uma árvore, um desenho, um pensamento são objetos; porém, na perspectiva da Teoria da Atividade devemos delimitar melhor aquilo que entendemos por objeto e qual o papel que desempenha na constituição da atividade humana.

No segundo capítulo nos esforçamos, apoiados em Leontiev (2004), em mostrar que o mundo como o conhecemos hoje é aquele transformado pelas gerações humanas passadas, é o mundo encarnado de aptidões e significados conquistados/atribuídos por outrem, é mundo dos objetos que os novos indivíduos devem apropriar-se para alcançar o atual estágio de desenvolvimento da humanidade sem a necessidade de viver toda a história humana por si só. Ressaltamos que até os mais elementares processos como a percepção visual ou percepção auditiva não são independentes daquilo que herdamos culturalmente das gerações passadas.

²⁵ Uma apropriação é alienada quando não se pode estabelecer relações do todo com as partes menores que compõe a atividade. É alienante uma vez que as atividades que se instauram à partir de uma estrutura alienada é mantenedora e reprodutora de alienações de diversas ordens.

Quando falamos em objeto não nos referimos ao *objeto empírico*, ao objeto físico, mas àquele cujos significados o transcendem e repousam sobre as complexas relações sócio-histórico-culturais que se estabelecem (ou se estabeleceram no passado da humanidade) entre os indivíduos na atividade praxica de transformação. Ao falar em práxis, nos referimos ao processo de conhecer-produzir o mundo por meio do contínuo movimento de redução do concreto sensório (inicial, primitivo) ao abstrato e a posterior (não em sentido causal, nem temporal, mas dialético) ascensão ao concreto real, no qual toda a complexidade e todas as contradições se fazem presentes. O movimento de abstração não pode ser senão uma redução, pois isola elementos para assim os transformar, por meio da atividade racional, em poderosos instrumentos de mediação quando novamente mergulhados no concreto real, concreto pensado-modificado²⁶. É por meio deste processo que se pode fazer generalizações de modo a transcender a experiência sensorial imediata – apropriando-se da experiência humana objetivada. É neste sentido, então, que o pensamento teórico não é desprovido de objetividade ou de realidade como apregoam as correntes pragmáticas de pensamento.

É pelo contínuo movimento de redução ao abstrato e ascensão ao concreto real, visando a superação das contradições que se instauram, que o objeto *real* é alcançado-produzido. O objeto *real* não possui existência fora da atividade humana, pois é por meio da práxis que os objetivos ganham realidade e são capazes de orientar a atividade a partir da coordenação de ações e operações.

O acesso aos objetos não se dá diretamente, mas por meio de instrumentos mediadores, nem tampouco os objetos são/estão estabelecidos independentemente da atividade humana de conhecer-produzir o mundo, característica que não seria diferente quando se trata do objeto experimental.

Os instrumentos mediadores, ao proporcionarem acesso ao objeto, não o fazem por via única. A complexa relação entre o sujeito e o mundo, mediada pela

²⁶ Uma análise bastante cuidadosa e aprofundada deste movimento concreto sensorial-abstrato-concreto real no materialismo dialético no contexto da educação em Ciências é feita por Pazello (2011, no prelo).

experiência humana objetivada, apresenta-se sob diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos (MATTOS, 2010).

Desta maneira, a representação entre sujeito e objeto embebidos na atividade humana, como proposta por Engeström, seria mais bem representada por um esquema de múltiplos caminhos (figura 14), sendo permeada, sobretudo, por lacunas de diversas ordens (figura 15).

Figura 14: Diferentes níveis hierárquicos da mediação

Figura 15: A complexificação da mediação e as lacunas de diversas ordens

Isto significa que não existe uma relação biunívoca entre sujeito e objeto, isto é, um objeto não é acessado exclusivamente por um determinado instrumento

mediador, nem tampouco se pode dizer que a apropriação de um determinado instrumento de mediação garantirá o acesso ao objeto em questão – objetos e instrumentos determinam-se reciprocamente na práxis²⁷. Com certeza a posse de certos instrumentos é necessária, porém não se pode deixar de lado a riqueza da experiência vivida por cada sujeito e que determina de sobremaneira a complexa rede de sentidos (e a maneira de como utilizá-los) por ele atribuídos.

Deparamo-nos aqui com o clássico problema do particular e do universal – a garantia de certos significados universais é dada pela estabilidade da experiência humana objetivada e apropriada pelo indivíduo singular, porém nos escapa de uma representação universal os mais diversos sentidos negociados no dado momento singular, irrepetível e único da existência humana. Nesse sentido, cabe à educação em ciência proporcionar a complexificação conceitual-instrumental das apropriações feitas pelos sujeitos, entendendo, sobretudo, que o caminho para isto não se dá pela simples erradicação dos conceitos e formas de pensar previamente trazidos pelos indivíduos, fortemente ligados à sua vida cotidiana.

A apropriação ou não de instrumentos de mediação e as complexa relações entre eles (os diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos) é que determina as ações do ser humano e dá a possibilidade do surgimento do novo diante dos sentidos já atribuídos por outrem.

Em uma sala de aula já estruturada, pressupomos que professor e aluno compartilham da mesma comunidade, das mesmas regras e da mesma divisão social do trabalho, porém os instrumentos apropriados e, conseqüentemente, os objetos são distintos (figura 16). Não existe garantia alguma que os objetos sejam os mesmos antes da atividade.

²⁷ Newman e Holzman chamam de instrumento-e-resultado aquilo que é gerado por meio da atividade prática; não é possível conhecer no instrumento sua característica instrumental antes de reconhecer o objeto que o determina reciprocamente. Por outro lado, o pragmatismo tem pensado o instrumento como algo utilitário a ser utilizado independente da atividade. É a separação entre método e conteúdo.

Figura 16: Diferentes instrumentos, diferentes objetos

É necessário que professor e aluno, por meio da construção e manutenção de uma intersubjetividade, consigam compartilhar determinados instrumentos mediadores específicos que os levarão a um mesmo objeto. É neste sentido que se torna fundamental levantar as concepções prévias trazidas pelos alunos. Concepções prévias são instrumentos prévios de mediação e o professor, de posse deles, tem acesso ao objeto do aluno, de maneira que sua ação pedagógica se torna situada e consciente. A ação inicial do professor pode ser a de identificar os instrumentos mediadores apropriados pelo aluno e, neste processo de negociação, fazer com que aluno se aproprie dos certos instrumentos dele (professor) e da ciência, e que assim, ambos, possuidores de instrumentos comuns, qualitativamente novos, com seus contextos particulares de aplicação (instrumento-e-resultado), possam ter acesso ao mesmo objeto e participar da mesma atividade. Notemos que os objetos não são dados *a priori* aos sujeitos, mas construídos dialeticamente na atividade que se estabelece; desta maneira, podemos dizer que ao final do processo temos um novo objeto – agora do professor e do aluno, qualitativamente diferente daquele inicialmente trazidos por eles quando suas atividades eram distintas. A contradição que se fez presente na divergência dos objetos é capaz de gerar o movimento de construção e desconstrução da atividade, a sua dinâmica. O professor se apropria de novas formas da ação pedagógica e o aluno complexifica sua relação com o mundo,

apropriando-se dos conceitos científicos acumulados²⁸ no objeto experimental por meio da prática científica e da prática escolar.

Na figura 17 buscamos uma representação esquemática (simples, estática no tempo e no espaço) deste processo de síntese dialética. O professor busca nos instrumentos-objetos dos alunos caminhos para negociar os seus próprios instrumentos (objetos apropriados em outras atividades). Por outro lado, os alunos buscam, por meio da apropriação dos instrumentos-objetos do professor, novos sentidos para o mundo. O contínuo movimento de síntese é capaz de levar à formas qualitativamente novas de instrumentos-objetos. Na figura 18, o mesmo processo de negociação é representado na forma complexificada de mediação.

Figura 17: O movimento de síntese dialética. Professor e aluno numa intersubjetividade caminhando para instrumentos-objetos qualitativamente novos.

²⁸ No sentido já apresentado. Acumulado por meio das complexas relações sociais que determinam seus sentidos e que transcendem o objeto empírico.

Figura 18: Diferentes instrumentos, diferentes objetos – forma complexificada.

Outro aspecto fundamental quando tratamos de diferentes indivíduos buscando compartilhar um mesmo objeto está relacionado à maneira com que ações e operações são coordenadas para que a atividade se constitua. No recorte analítico que fazemos, as operações constituem-se de atividades já internalizadas (realizadas de maneira não consciente) e que dão suporte e modelam as ações que se situam no nível hierárquico superior (consciente). Cada ação ou operação, em diferentes níveis da hierarquia da atividade complexa, possui a mesma estrutura da atividade (unidade de análise), mantendo uma estrutura de autossimilaridade. Nas palavras de Leontiev, encontramos o exemplo do tiro ao alvo, no qual ele faz uma diferenciação entre o atirador experiente, aquele que possui determinadas ações já internalizadas e aquele inexperiente, que ainda está se apropriando das ações correspondentes necessárias à atividade de acertar o alvo:

“Um apontar ajustado exige múltiplos processos, correspondendo a cada um condições determinadas da ação considerada. É-lhe preciso dar o corpo a uma certa posição, colocar a mira em posição estritamente vertical, estabelecer corretamente a linha de mira, apertar a coronha contra o ombro, reter a respiração, empurrar o gatilho forçando progressivamente a pressão do dedo. Num atirador experimentado, todos esses processos não são ações independentes. Os fins que lhe correspondem não são separados um por um na sua consciência: alcançar o alvo. O mesmo é dizer que que possui perfeitamente a prática do tiro e das operações motoras necessárias ao tiro. Para quem ainda está na aprendizagem do tiro, é diferente. Primeiro há de agarrar corretamente na espingarda, este deve aliás ser seu fim, é para ele uma ação. A ação seguinte consiste em ajustar o tiro etc. [...] Assim que o aluno aprendeu progressivamente a puxar o gatilho, o problema seguinte é colocar a bala no alvo. O fim que se apresenta a sua consciência não é ‘puxar docemente o gatilho’ mas ‘alcançar o alvo’. A leveza do movimento exercido corresponde agora a uma das condições da ação requerida por este fim.” (Leontiev, 2004, p. 323)

Figura 19: Operações - Ações – Atividade

Em uma atividade em vias de se estabelecer, os diferentes indivíduos podem acabar realizando as suas ações/operações em níveis hierárquicos distintos – aquilo que para um é operação ao outro é ação. Por exemplo, para determinado sujeito uma ação pode ser executada no nível de operação, ou seja, é feita de maneira mais automática, sem consciência, permitindo que o sujeito direcione suas ações para outros aspectos da atividade, assim o acontecimento ao qual a ação está direcionada pode ser óbvio. Porém, para outro indivíduo, o ‘acontecimento’ compreende o objetivo da sua atividade, ou seja, é necessário que ele coordene operações e ações de maneira que consiga realizar o fenômeno (o ‘acontecimento’) – todo o seu esforço está voltado para isto; o seu objeto é distinto do primeiro indivíduo, e assim, o engajamento na mesma atividade, por meio de um objeto comum, não é completamente possível.

O professor ao conceber uma atividade experimental deveria ter em mente a diversidade de operações e ações necessárias para a sua realização, de maneira que ao propor uma tarefa, esta seja condizente com o nível da atividade dos alunos, ou seja, o nível de coordenação de operações/ações no qual os alunos poderiam se engajar. É neste sentido, que uma única montagem experimental pode (e deve) trazer consigo diferentes objetivos nos mais diferentes graus de complexidade, para que o contínuo processo de dar um novo fim às ações já apropriadas – da maneira como Leontiev propõe – possa ocorrer.

Em suma, a complexa rede de mediação permeada por lacunas e que se manifesta sob diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos acrescida da realização de ações e operações em diferentes níveis hierárquicos nos permite entender o não compartilhamento de objetos e consequentemente o mesmo objetivo na atividade experimental. Com o intuito de fundamentar também os demais problemas associados às atividades experimentais, a aprofundar ainda mais a análise do compartilhamento de objetos, vamos recorrer a outro conceito que consideramos central na perspectiva de análise que estamos articulando. Trata-se do conceito de alienação.

A alienação está relacionada a não consciência dos indivíduos sobre a maneira como suas ações e operações se coordenam para compor a atividade na qual se inserem. Vale, neste momento, lançar mão do clássico exemplo do trabalhador industrial alienado, que mesmo apertando com maestria o parafuso em uma determinada etapa da produção – de um automóvel, por exemplo - não consegue estabelecer a relação da sua ação com o todo que emerge da atividade. Fundamentalmente, no processo de produção como o capitalismo, existe ainda a separação entre o motivo individual de realizar a ação (receber o salário) do produto final da atividade (o carro, por exemplo); não nos deteremos a analisar aqui tal característica da atividade humana alienada pelo modo de produção capitalista.

O sentido que queremos destacar, fundamental para nossa análise dos processos de ensino-aprendizagem de ciência – neste caso específico, por meio de atividades experimentais – é que a apropriação de instrumentos mediadores alienados (o que gera ações e atividades alienadas) está relacionada a não consciência de que tais instrumentos (conceitos cotidianos ou científicos, por exemplo) possuem um campo específico de aplicação, não sendo, portanto, universais e independentes do contexto nos quais o sujeito está imerso. Nem são, sobretudo, ontologicamente independentes do sujeito cognoscente, pois a característica instrumental das objetivações humanas apropriadas manifesta-se somente na atividade humana praxica.

Voltando ao problema da consciência das operações internalizadas e sobre o contínuo processo de transformação de ações em operações, Leontiev, por meio do exemplo do tiro ao alvo, destaca, sobretudo:

“que os momentos que deviam absolutamente ser conscientizados no princípio (agarrar convenientemente sobre a espingarda, apoiar sobre o gatilho etc.) deixam doravante de o ser. O que não significa que o atirador não os perceba. Não é o caso, naturalmente. Não só continua a perceber todos estes momentos (a relação da mira com a ranhura, por exemplo, ou a pressão da coronha sobre os ombros

etc.), mas a percepção que tem deles continua a comandar seus movimentos. E em qualquer momento podem ser conscientizados por ele: razão porque se tem a impressão que o seu reflexo psíquico se faz exatamente da mesma maneira que o reflexo do fim de uma ação. Esta relação entre a ação e as operações, que evidenciamos no caso das operações motoras, vale igualmente para as operações mentais e a sua fixação sob a forma de hábitos mentais”. (Leontiev, 2004, p. 324 - 325)

O que podemos perceber é que as operações (já internalizadas), sempre que necessário ou desejável, podem tornar-se novamente ações conscientes e assim adquirir novos sentidos. As operações são feitas de maneira automática, mas não significa que não se pode ter consciência delas no momento oportuno – este é o caso não alienado da apropriação dos instrumentos de mediação.

E por qual motivo, neste caso do tiro ao alvo, tais operações podem ser novamente conscientizadas? Segundo Leontiev:

“como é que uma ação se transforma em operação e, por consequência, em habilidade e em hábito? Para transformar a ação de uma criança em operação devemos dar-lhe um fim novo no qual a ação considerada se torne um meio de execução de uma outra ação. Por outras o que era fim da primeira ação deve transformar-se em numa das condições da ação requerida pelo novo fim”. (Leontiev, 2004, p. 323)

As operações e ações foram crescendo em complexidade. Operações mais simples foram inicialmente sendo realizadas e posteriormente incorporadas em outras situações nas quais deveriam coordenar-se com outras para que outros fins fossem alcançados. Isto significa conhecer os contextos de aplicação e as regras de validade

das operações para que assim, ao voltar à consciência, possam ser novamente significados, juntando-se e modificando os sentidos pré-existentes e também abrindo a possibilidade do surgimento de uma infinidade de outros novos. De maneira geral, quando um sujeito se apropria de um novo sentido, ele pode *i)* utilizá-lo de maneira indiscriminada em todos os contextos; *ii)* usar corretamente nos contextos adequados, mas sem consciência disto ou *iii)* ter consciência dos múltiplos contextos em que seus enunciados são válidos (Mattos e Rodrigues, 2006; 2007, Rodrigues, 2009, Rodrigues e Mattos, 2010).

É possível que um conceito seja apropriado de forma alienada²⁹, como um jargão, cujas origens e validade não são conhecidas e cuja utilização em contextos não apropriados é legitimada pela prática. Aqui, “prática” assume o sentido de pragmática, de utilização funcional e que não eleva-se ao plano consciente e de reflexão. Isto é fundamental quando falamos do processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos, que frequentemente está associado a decorar fórmulas e definições, que, aparentemente, estão fora de quaisquer atividades humanas; os conceitos aprendidos não possuem relação com outros no interior de uma rede maior de significados, como uma teoria científica, por exemplo; não possui, tampouco, relação com o mundo vivencial, o mundo real e toda a sua complexidade. Aquilo que se aprende na escola é para a escola³⁰. A “força” que se utiliza na escola não possui relação alguma com aquela que se faz ao empurrar um armário em casa, aquele resistor que se associa na escola não possui relação alguma com o chuveiro que se liga na rede elétrica em casa.

Mesmo que um conceito seja apropriado de forma alienada, sem reconhecimento de determinadas operações que o dão sustentação, é possível que

²⁹ É importante destacar, novamente, que não existem conceitos, sentidos e significados fora da atividade humana; apesar dos significados estarem cristalizados no objeto, não significa serem, os próprios objetos, possuidores das relações que o significam. Segundo Marx, é o fetiche do objeto que oculta as complexas relações de produção que dão origem ao objeto. Esta divagação tem o papel de indicar que os objetos (e tudo que se relaciona a ele, os significados, os conceitos, os motivos etc) não são por si só alienados, é a apropriação humana dos objetos que é alienada.

³⁰ Engeström (2002) analisa este problema e aponta elementos que visam superar a encapsulação da atividade escolar.

outras ações sejam coordenadas a partir dele, mas é impossível a tomada de consciência e a construção de novos sentidos a partir do já-dado e da manutenção de uma atividade prática apoiando-se nestes instrumentos. Não estamos defendendo, ingenuamente, a existência de uma atividade prática ou de uma consciência superior absolutamente não alienadas. A alienação é uma condição inerente de toda atividade humana; a questão que se levanta é acerca de qual parte do todo estamos alienados e qual o nível de consciência de nossa condição de alienados. O nível mais profundo de alienação encontra-se na alienação da própria alienação. O ser humano deve perceber-se como um ser inconcluso, e, consciente de sua inconclusão manter o seu permanente movimento de busca do ser mais (FREIRE, 2005).

De forma pictórica e bastante lúdica encontramos na figura 20 um exemplo de apropriação alienada de um conceito.

Figura 20: Apropriação alienada de um conceito

Neste exemplo, as crianças se apropriaram do conceito de orgasmo e, sobretudo, de algumas ações/operações fundamentais que quando coordenadas levariam ao orgasmo, como “tirar a roupa” e “garoto em cima da garota”. A garota também consegue estabelecer uma relação entre o que está fazendo e a “dor de

cabeça” que sua mãe “sempre tem”, ou seja, ela consegue, a partir do conceito de orgasmo por ela apropriado (e de determinadas operações, também alienadas, que o sustenta) estabelecer uma explicação para outro fenômeno que sempre observa, mas que não condiz com o contexto no qual orgasmo deve ser aplicado, ou praticado. O conceito alienado, apesar de ter sustentação de outros conceitos e possuir certa lógica interna, está sendo utilizados completamente fora do contexto em que possui validade constituindo um conjunto de ações/operações alienadas.

Outro exemplo, ainda de forma pictórica, nos é dado a seguir por meio de uma anedota:

Fatos são fatos!(?): Vermes e o álcool.

Um professor de ciências queria ensinar aos seus alunos do 2º Grau os males causados pelas bebidas alcoólicas e elaborou uma experiência que envolvia um copo com água, outro com cerveja e dois vermes.

- Agora alunos, atenção!

Observem os vermes, disse o professor, colocando um deles dentro da água. A criatura nadou agilmente no copo, como se estivesse feliz brincando. Depois, o mestre colocou o outro verme no segundo copo, contendo cerveja. O bicho se contorceu todo, desesperadamente, como se estivesse louco para sair do líquido e depois afundou como uma pedra, absolutamente morto. Satisfeito com os resultados, o professor perguntou aos alunos:

- E então, o que podemos concluir desta experiência?

Joãozinho levantou a mão, pedindo para falar, e sabiamente respondeu:

- Beba cerveja; você nunca terá vermes!

Apesar de ser uma anedota, encontramos aqui uma situação bastante comum nas diversas atividades humanas, sobretudo em atividade educacionais. A conclusão que se chega ao final deste ‘experimento’ é uma generalização, ou uma *ultrageralização*, segundo Heller (2004), direta das observações sob uma ótica cotidiana. “Álcool mata verme” é o conceito generalizado que passa a ser utilizado em

quaisquer contextos de forma indiscriminada. A mediação teórica, que permitiria reconhecer as limitações de tal experimento e conectar aquilo que se faz e aquilo que se pretende mostrar, não se faz presente, impossibilitando que professor e aluno compartilhem do mesmo objeto na atividade e faz com que um processo alienado de construção de conhecimento apoiado unicamente na observação empírica seja legitimado. Estamos novamente diante da situação que inicialmente expusemos e que motivou grande parte deste trabalho: uma única e isolada situação experimental fica aquém da possibilidade de uma negociação de sentidos mais profunda e da complexificação do saber apropriado-construído pelos alunos.

Consideramos fundamental resgatar aqui a discussão sobre atividade cotidiana e atividade humano-genérica, feita no capítulo 2. Se o indivíduo não consegue relacionar-se com o mundo a não ser por meio da atividade e do pensamento cotidianos ele encontra-se diante da alienação da vida cotidiana. Elevar-se a esfera das atividades não cotidianas (ou humano-genéricas) não implica em um abandono do pensamento cotidiano, nem significa dizer que existe uma rígida divisão (ruptura) entre cotidiano e não-cotidiano, porém o não elevar-se nunca ao não-cotidiano significa não possuir outras formas de relação com o mundo que não a espontaneidade, a probabilidade, o economicismo, o pragmatismo, a ultrageralização, fé e confiança e o uso de precedentes, o que implica numa restrição bastante grande na sua capacidade de práxis de ação transformadora.

Outro detalhe interessante e que merece atenção é o título da anedota: “Fatos são fatos!”; colocamos um ponto de interrogação ao final de tal afirmação, que nos leva ao questionamento: Fatos são fatos? Sempre?

Na perspectiva empirista de produção do conhecimento e na sua correspondente vertente educacional as relações teóricas podem ser extraídas do próprio objeto empírico; a observação cuidadosa é capaz de apreender as relações fundamentais que dali brotam naturalmente. Neste sentido os fatos são fatos³¹

³¹ Fleck em seu trabalho “The Genesis and Development of a Scientific Fact” (FLECK, 1979) discute como o *fato científico* se origina no interior de uma comunidade (coletivo de pensamento) que partilha de um *estilo de pensamento*; o fato não pode emergir senão por uma construção coletiva ou pela evolução do

independentemente das proposições teóricas que sustentam a observação; e, ainda, o processo de ensino-aprendizagem constitui-se basicamente de um constante treinamento da observação e da sistematização do conteúdo experimental culminando indutivamente em leis e conceitos gerais. É neste sentido que nos esforçamos no capítulo 3 para derrubar toda espécie de empirismo ingênuo e mostrar que por mais simples que seja o conhecimento ele é mediado pela prática anterior; mesmo a mais simples relação com o mundo não se dá de maneira direta.

Vinculados a tais compromissos diante do objeto experimental (na atividade experimental), o aluno, apropriando-se de maneira alienada de conceitos e dos processos de construção do conhecimento, não consegue estabelecer relações entre a montagem experimental e suas ações nesta atividade; nem da atividade experimental com as outras atividades que realiza na escola ou na sua vida, uma vez que certas operações que sustentam suas ações não podem voltar à consciência para serem novamente ações para ganharem novos sentidos. O objeto experimental não pode ser entendido como uma única fonte de conhecimento, nem tampouco pode ser “aproblematicamente” utilizado como recurso de ensino-aprendizagem de ciências, isto inclui tomar a própria montagem experimental e suas limitações como objeto de discussão, analisar criticamente os resultados frente a outros experimentos e teorias vigentes não buscando simplesmente, como produto final, uma resposta correta. A experimentação deve constituir, em meio a muitos outros, mais um recurso e não o principal e único.

Pôr em questão a produção de conhecimento dos estudantes e as relações que eles mantêm com o mundo empírico, a fim de que se apropriem de formas científicas de pensar, não implica que o aluno deverá tornar-se um cientista e praticar a ciência da maneira como é produzida. O papel do ensino de ciências é fazer com que o aluno possa apropriar-se de outras formas humanas de relação e de transformação do mundo. Para Davidov:

estilo de pensamento. A evolução de tal estilo é que permite “enxergar” o fato como algo que deva ser tratado dentro do coletivo de pensamento na sua interação com os objetos de conhecimento.

“Embora o pensamento das crianças tenha alguns traços em comum com o pensamento dos cientistas, artistas, filósofos da moral e teóricos do direito, os dois não são idênticos. As crianças em idade escolar não criam conceitos, imagens, valores e normas de moralidade social, mas apropriam-se deles no processo da atividade de aprendizagem. Mas, ao realizar esta atividade, as crianças executam ações mentais semelhantes às ações pelas quais estes produtos da cultura espiritual foram historicamente construídos. Em sua atividade de aprendizagem, as crianças reproduzem o processo real pelo qual os indivíduos vêm criando conceitos, imagens, valores e normas. Portanto, o ensino de todas as matérias na escola deve ser estruturado de modo que, como escreveu Ilenkov, ‘seja reproduzido, de forma condensada e abreviada, o processo histórico real da gênese e desenvolvimento... do conhecimento’”. (DAVIDOV, apud LIBÂNEO, 2004, p. 15).

Tal apropriação dos objetos e fenômenos constitui, de maneira geral, o processo educacional, que pode ser direto ou indireto, também intencional ou não-intencional. No caso específico da educação escolar, trata-se de um processo educativo direto e intencional, por meio do qual o indivíduo é levado a se apropriar das formas tipicamente humanas, expressas no saber objetivo/sistematizado produzido historicamente pelo gênero humano (DUARTE, 2004).

5.1.2 Sobre o conflito cognitivo e sobre as medidas

Ainda na perspectiva do compartilhamento (ou não) de instrumentos e objetos na atividade e de apropriações alienadas, vamos, neste momento, lançar um olhar mais aprofundado no chamado *conflito cognitivo*, ou mais especificamente no não

acontecimento de tal conflito. Como já expusemos, a busca pelo conflito cognitivo³² é um recurso amplamente utilizado quando se deseja que os estudantes percebam discrepâncias entre seus conceitos e os conceitos científicos, por exemplo, e acabem por abandonar suas antigas explicações para os fenômenos e passem a pensar cientificamente, o que nem sempre ocorre. (ver *p.e.* DRIVER, 1989; DUIT & TREAGUST, 1998; DREYFUS *et al.*, 1990). Nesta perspectiva, o experimento, muitas vezes, deveria ser central no processo de provocar conflitos cognitivos nos estudantes.

Em um artigo intitulado “The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction”, publicado em 1993, Chinn e Brewer analisam o papel desempenhado pelos dados anômalos na construção do conhecimento e apresentam os possíveis comportamentos dos estudantes (e também dos cientistas e pessoas em geral) quando a eles são apresentados dados que contradizem o esquema teórico “A”, no qual estão apoiados para explicar os fenômenos físicos que os cercam. Diante de tais dados, os estudantes – e os demais - podem ignorá-los, rejeitá-los, excluí-los do domínio da teoria “A”, colocá-los “em espera” para que um dia no futuro a teoria “A” os explique, podem reinterpretá-los, fazer modificações periféricas na teoria “A” e, por fim, abandonar a teoria “A” por outra “B” que consiga explicar os antigos dados e também os anômalos.

Chinn e Brewer (1993) apontam que a mudança conceitual, da maneira como se espera, raramente acontece por meio da utilização de dados anômalos e neste sentido, Chinn e Malhotra (2002) buscam ressaltar os motivos pelos quais a mudança frequentemente não ocorre, identificando, sobretudo, quais os processos cognitivos envolvidos e, fundamentalmente, inibidos diante de atividades que apresentam dados anômalos. A saber, os processos cognitivos são observação, interpretação, generalização e retenção. O mais inibido processo cognitivo diante dos dados anômalos é a observação, segundo Chinn e Malhotra (2002).

³² Especificamente no ensino de ciências podemos encontrar trabalhos que discutem sobre situações nas quais a mudança conceitual é buscada por meio do conflito cognitivo, ver *p.e.*: ARRUDA & VILLANI, 1994; LEE & LAW, 2001.

De posse dos aspectos materialista-dialéticos acerca da produção do conhecimento e da perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade, que fundamentam nossa análise, caminhamos no sentido de apontar a necessidade da mediação pelo pensamento teórico para que os estudantes *observem* anomalias nos dados que lhe são apresentados, isto é, os dados anômalos não são uma categoria *à priori* e que possa ser empiricamente acessada, universal e independentemente, do pensamento teórico mediador. Aquilo que é anômalo somente é percebido por meio de instrumentos de mediação – construídos-apropriados na atividade - que dão acesso ao objeto “anomalia”. Fatos científicos, dados científicos, anomalias somente o são à luz de alguma teoria. Os conceitos trazidos pelos alunos também, como bem sabemos, formam uma base para observação dos experimentos; podemos dizer que mesmo por mais pobre que seja o esquema teórico apropriado, ou por mais pobre que seja a atividade praxica, os alunos são capazes de produzir sentidos diante do aparato experimental, que normalmente diferem daqueles trazidos pela ciência. Não se pode esperar que a relação sujeito-objeto seja de uma forma mais complexa sem que o aluno tenha se apropriado ou construído, nas suas atividades, outras formas de relação que não pelo pensamento cotidiano.

Por outro lado, mesmo tendo se apropriado de formas mais complexas de mediação, porém de forma alienada, o aluno não perceberá em quais situações os conceitos científicos são válidos ou melhores, ou, ainda, quais os limites do modelo que utiliza para explicar os fenômenos que observa. Assim, sempre preferirá os seus conceitos prévios, em sua maioria divergentes dos da ciência. Entretanto são conceitos arraigados nas suas experiências pessoais e que de forma pragmática e rápida conseguem resolver os problemas que se fazem presentes na sua vida fora ou mesmo dentro da escola, principalmente quando as atividades escolares constituem-se de puras mecanizações, daquelas que não se tem necessidade de transcender o “lápiz e o papel”, de ascender do abstrato ao concreto real.

Cabe ressaltar que não estamos, de maneira alguma, diminuindo o papel desempenhado pelo pensamento abstrato, mas sim criticando a utilização da abstração como um fim nela mesma, sem que se complete o caminho no sentido de

alcançar o concreto real, no qual toda a complexidade do mundo se faz presente. A abstração por si só não é capaz de tornar a atividade prática e transformadora.

De uma maneira muito semelhante a que desenvolvemos até aqui, *o problema das medidas* pode ser analisado sob a perspectiva sócio-cultural-histórica da Teoria da Atividade, ou seja, o do compartilhamento de instrumentos e objetos na atividade humana. As formas de relação com o mundo que os alunos apresentam não são exclusivamente as científicas – podem até o ser em determinadas situações, mas em geral não são, nem mesmo para cientistas. Isto implica numa grande variedade de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos diante da ciência, da experimentação, das medidas etc., conseqüentemente, dos objetos. Desta forma, não se pode esperar que as ações e operações dos estudantes, ao realizar medidas, estejam em sintonia com as ações e operações da ciência (daqueles que a praticam), não se pode esperar que possuam, de antemão, uma visão acurada acerca do processo de tratamento de erros, por exemplo. Além do mais, reconhecer o que é significativo nos dados pressupõe-se um pensamento teórico capaz de orientar a coleta de dados e tal forma de pensamento não se faz presente em quase nenhuma atividade que os sujeitos estão continuamente mergulhados. No seu desenvolvimento ontogenético, na sua experiência com o mundo, o sujeito vai construindo e apropriando-se de uma forma bastante particular da relação medida-realidade, que pode assumir formas muito simples e até mais complexas, mas que não são as mesmas que se praticam na comunidade científica e no ensino formal de ciências. Ao esperar que assim seja, estamos pressupondo que os alunos sejam capazes de, por si só, reviver a história científica e realizar medidas como cientistas, que se formam no interior de atividades específicas, apropriando-se de objetos da sua comunidade, fazem - é na educação formal que tal pensamento pode ser alcançado.

Desta maneira, fazer com que o aluno transite entre as suas concepções e as da ciência não constitui uma tarefa simples, esperar que abandonem suas visões de mundo seria ingenuidade. Novamente, não se trata de abandonar as formas de relação e o pensamento cotidianos, mas de um contínuo processo de complexificação da sua relação com o mundo, da construção do concreto real por meio de formas qualitativamente novas. Isto implica em um contínuo processo de reconhecimento da

validade dos contextos de aplicação dos instrumentos de mediação trazidos por ele e daqueles fornecidos pela ciência. O reconhecimento da não existência de um conjunto pré-definido de instrumentos de mediação que são platonicamente universais e independentes da atividade humana, mas construídos na relação com os objetos do mundo. Neste sentido, por meio da atividade praxica, os indivíduos podem encontrar seu lugar na história do gênero humano e tornarem-se autores da sua própria existência.

5.2 Exemplos – Análise de Alguns Episódios

Na seção anterior nossos esforços estiverem voltados para a fundamentação teórica dos problemas relacionados aos processos de ensino-aprendizagem por meio da realização de atividades experimentais. Entendemos que, neste momento e como processo de construção do conhecimento pela práxis do materialismo dialético, é fundamental trazer alguns exemplos a fim de ilustrar alguns aspectos das nossas proposições na seção anterior e consolidar nossa visão acerca da experimentação. As análises que aqui fazemos são pautadas pelos pressupostos de uma pesquisa qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994; Roth, 2005) e o que se segue são exemplos relacionados às atividades experimentais como objetos de ensino-aprendizagem de ciências oriundos de duas fontes.

Uma de nossas fontes é uma sala de primeiro ano do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino do município de São Paulo. O professor da turma faz parte do nosso grupo de pesquisa. A coleta de dados foi feita por meio de gravações de vídeo da sala durante a realização da atividade, pelas notas de campo dos pesquisadores e por um questionário escrito respondido pelo professor (presente no anexo 2). Dois pesquisadores acompanharam a intervenção. Um deles ficou responsável pela gravação do vídeo, enquanto o outro ficou responsável pelas notas de campo. Os pesquisadores ficaram na parte de trás da sala e buscaram fazer a coleta

de dados de maneira a não interferir diretamente nas aulas; somente interagiram quando foram solicitados.

Este tipo de intervenção é bastante comum nesta escola, de maneira que os alunos não sentem-se incomodados com a gravação e a observação por parte dos pesquisadores. A autorização para a gravação e observação veio diretamente da coordenação do colégio que rotineiramente utiliza vídeos para a discussão com os professores das disciplinas. O termo de consentimento de participação em pesquisa, assinado pelos alunos que participaram do episódio, está em posse do colégio que nos permitiu a utilização dos dados.

Nossa outra fonte de dados é a disciplina “Práticas de Ensino” do curso de licenciatura em Física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Esta disciplina é compreendida por aulas teóricas, aulas de monitoria, reuniões e atividades nas escolas da rede pública de ensino da cidade de São Paulo. O objetivo das aulas teóricas é promover a discussão sobre aspectos teórico-metodológicos da ação docente e sobre a participação dos alunos da disciplina (futuros professores) em estágios nas escolas públicas. Nas reuniões entre professor e monitores é trabalhada a organização da disciplina. Já nas atividades de monitoria, os futuros professores, junto aos monitores, realizam os experimentos que posteriormente serão levados à sala de aula. É na monitoria que os futuros professores discutem aspectos da organização dos roteiros experimentais e sobre os conceitos físicos envolvidos em cada atividade.

Os vídeos que aqui nos dedicamos a analisar são aqueles gravados nas aulas de monitoria, nas quais os alunos da disciplina (futuros professores) estão reunidos em grupo a fim de discutirem o roteiro e as atividades experimentais. A filmagem é sempre focada em um grupo específico.

Na sala de aula estão presentes, além dos alunos, o monitor da disciplina, que promove a discussão dos roteiros e das atividades e também o pesquisador, que é responsável pelas notas de campo e acaba, muitas vezes, participando da discussão. À certa altura da pesquisa, para os alunos da disciplina, o pesquisador era mais um elemento para participar das discussões e ajudar na elaboração dos experimentos, de maneira que não ficavam intimidados com a sua presença. O pesquisador sempre que

solicitado participava das discussões e das atividades experimentais. O modelo do termo de consentimento de participação em pesquisa assinado por todos os participantes encontra-se no anexo 3.

De posse destes dados, não é nosso objetivo aqui fazer uma análise completa de toda a sequência didática ou de toda a estrutura da disciplina analisada. É-nos interessante, neste momento, retirar pequenos trechos, aos quais chamaremos de episódios, que mesmo apresentando-se dependentes da estrutura da atividade como um todo, apontam elementos particulares para os quais voltamos nossa atenção e os analisamos – é assim que exemplificaremos certas proposições apresentadas na seção anterior.

Episódio 1

O primeiro episódio que trazemos é retirado de uma aula de experimentação do primeiro ano do ensino médio da escola particular do município de São Paulo. Na sequência em que esta aula se insere, o professor buscava, por meio da experimentação, fazer com que os alunos obtivessem uma relação geral para o período do pêndulo simples, que seria obtida realizando-se medidas dos vários parâmetros que caracterizam o pêndulo e estabelecendo relações entre eles, de forma a identificar as variáveis que influenciam ou não no período.

Os alunos encontravam-se no laboratório da escola e foram divididos em grupos de 5 a 6 estudantes. Cada grupo ficou responsável por uma parte da coleta de dados, buscando a relação entre o período e as diferentes variáveis selecionadas pelo professor. Por exemplo, um dos grupos ficou responsável por fazer a medida do período do pêndulo em função de diferentes massas colocadas na ponta do fio. Assim, as demais características do pêndulo eram mantidas de modo que se pudesse analisar como a massa interferiria no período do pêndulo. Da mesma maneira outros grupos fizeram suas medidas, variando a cor das massas, o ângulo de oscilação e o comprimento do fio. Ao final da atividade os dados foram reunidos, analisados e

selecionados, observando-se quais variáveis influenciavam no referido período, para se tentar chegar à relação geral do período do pêndulo simples. O professor conduziu a análise dos dados obtidos pelos alunos e encaminhou até a conhecida relação do pêndulo simples.

O primeiro trecho que trazemos para a análise é o início da aula de experimentação, quando o professor introduz a ideia geral da atividade.

Episódio 1: Trecho inicial da aula de experimentação no Ensino Médio – Negociando o objeto.			
Turno	Pessoa	Fala	Ação
1	P	A pergunta é, na atividade de hoje, o que é isso aqui?	Mostra um cronômetro e um pêndulo aos alunos.
2	Alunos	Um cronômetro, um pêndulo.	
3	P	Um cronômetro. Muitas pessoas falaram pendulo, mas aí eu pergunto: o que é um pêndulo?	
4	Alunos	Um troço que balança. Alguma coisa que balança com o ângulo.	
5	P	Esse cara aí é um pendulo? Ele é um pendulo?	Mostra aos alunos um vídeo de um homem saltando de Bungee Jump.
6	A1	É, esse cara é um pêndulo.	
7	P	Se esse é um pendulo, o que é um pêndulo?	
8	A2	É um movimento causado pela gravidade.	
9	P	É um movimento causado pela gravidade. Tá aí uma boa definição, é um movimento causado pela gravidade. Se não tivesse gravidade, eu puxaria o pendulo até aqui, desligo a gravidade e solto, o que acontece com ele?	Faz gestos com a mão para indicar o que está falando.
10	A2	Fica aí.	
11	P	Eu soltaria e ele ficaria aqui parado, porque não tem gravidade. Então a gente já sabe que é um movimento causado pela gravidade. Isso nós newtonianos que acreditamos na gravidade...	

É na resposta dos alunos a uma típica pergunta de professor, que encontramos a variedade dos sentidos diante de objetos empíricos trazidos para a escola. Para alguns pêndulo é “um troço que balança” para outros é “um movimento causado pela gravidade”; os objetos não coincidem. Esta passagem é um exemplo bastante simplificado de que os objetos não são dados *a priori* aos sujeitos, ou auto-evidentes para todos os participantes da atividade, mas evoluem e devem ser negociados juntamente a certos instrumentos mediadores. Ao longo de toda a sequência este processo de negociação dar-se-á novamente inúmeras vezes, conduzindo a objetos mais elaborados. Se pensarmos em termos dos conceitos e dos modelos científicos, o pêndulo deixa de ser algo que balança e passa a ter relações entre suas partes e ligações com outros conceitos científicos - o professor convida os alunos a serem “newtonianos”, como ele parece ser.

Episódio 2

O episódio 2, que pretendemos analisar, insere-se na mesma aula experimental da qual retiramos o primeiro episódio. No desenrolar da atividade, cada grupo de alunos deveria realizar um conjunto de ações, que coordenadas, levariam ao objetivo da atividade: encontrar por meio da montagem experimental e das medidas uma relação para o pêndulo simples. A estruturação da atividade, por parte do professor, pressupõe a existência de certas operações que deveriam ser realizadas de maneira mais automática - como usar o cronômetro, usar a balança, usar o transferidor, colocar dados nos gráficos etc. - para compor as ações do grupo de estabelecer relações entre aquilo que variava e o período do pêndulo, para assim compor a atividade “encontrar a fórmula”.

Para o professor, por exemplo, estas operações já estão internalizadas e assim podem coordenar-se e alcançar o objetivo pretendido. Para os alunos, porém, tais as operações não aparecem da mesma maneira que para o professor. Podemos observar

durante a realização da atividade e posteriormente pela filmagem dos episódios, que o grupo que deveria medir o período do pêndulo em função do ângulo inicial não sabia utilizar o transferidor; uma das operações fundamentais que daria sustentação às ações do referido grupo não podia ser realizada de maneira automática. O que podemos então identificar é que, para este grupo, o objeto da atividade não é mais encontrar uma relação para o pêndulo simples, mas aprender a utilizar o transferidor e fazer medidas de ângulo. Existiu aí um descompasso sobre o objeto da atividade pela não possibilidade de engajamento no mesmo nível hierárquico que as ações demandavam para esta tarefa.

Outras dificuldades de mesma natureza foram enfrentadas pelos alunos, ou seja, algumas operações requeridas para a coordenação de ações não estavam internalizadas por eles. Não estamos afirmando que tais alunos não são capazes de internalizar tais operações, mas na atividade que se busca estabelecer, tais tarefas não puderam ser feitas no nível das operações, o que possivelmente será diferente em atividades posteriores, nas quais tal operacionalização já pode ter ocorrido. Outras dificuldades enfrentadas pelos alunos são evidenciadas pelo professor quando questionado sobre os fracassos da sequência didática, como no excerto a seguir do questionário respondido pelo professor³³:

Pesquisador: “Qual você acredita ter sido o maior fracasso de toda a sequência de aulas?”.

Professor: “Maior fracasso foram alguns alunos se dizerem perdidos quando tentavam relacionar os gráficos das famílias de funções com os dados experimentais e gráficos deles”.

Nesta resposta, o professor evidencia que os alunos tiveram dificuldades em relacionar os dados do experimento com a sua respectiva representação gráfica. Da mesma maneira como as operações de medida do ângulo não estavam internalizadas,

³³ As respostas completas do professor são apresentadas no anexo2.

aqui, trabalhar com gráficos apresenta o mesmo problema: não podiam ser realizadas no nível hierárquico requerido para esta atividade.

O professor apresenta, ainda, outros problemas que os alunos encontraram diante da atividade experimental:

Pesquisador: “Qual você acredita ter sido a maior dificuldade dos alunos?”.

Professor: “Alguns momentos da montagem do aparato experimental se revelaram difíceis para os alunos. Mesmo assim, os resultados foram bem satisfatórios. Eu tentei situá-los em cada etapa do módulo dentro de uma perspectiva mais ampla: representar fenômenos da natureza por meio de desenhos, palavras, imagens, números, gráficos e funções. Mas, às vezes, certos alunos perdiam essa perspectiva e se questionavam sobre a necessidade de se aprofundarem em algum conteúdo específico. (‘A gente tem de decorar essa fórmula’, ‘Mas esses gráficos são muito difíceis, a gente não aprendeu’).”.

Novamente o professor aponta que as dificuldades relacionaram-se a não conhecer algum conteúdo específico, ou alguma operação não internalizada. Outro elemento que o professor destaca é que os alunos, muitas vezes, perdiam a perspectiva geral no qual ele os tentava situar. Em outras palavras, não foi possível, durante toda a atividade, conseguir estabelecer relações entre as ações específicas e o objetivo geral, relações entre as partes envolvidas e a totalidade formada pela coordenação das ações particulares – o processo que temos chamado de alienação. Numa atividade deste tipo, a coordenação de ações e operações não emerge dos próprios indivíduos nela envolvidos, mas vem de um “campo” externo – o professor³⁴.

³⁴ Sobre-nos a dúvida: se uma atividade desta natureza poderia se auto-organizar, no curto espaço de tempo de uma aula experimental, a fim de alcançar os objetivos pretendidos pelo professor, ou se o “campo externo” é sempre fundamental para o estabelecimento da atividade. Ressalta-se que nosso questionamento não diz respeito a uma completa ausência do professor, de esperar que os alunos por si

Isto implica, acentuadamente, no contínuo deslocamento do motivo da atividade: ora buscar a relação matemática para o pêndulo simples (objetivo geral), ora aprender a fazer medidas com o transferidor (objetivo específico), por exemplo, que neste caso é condição fundamental para que a atividade se estabeleça, e assim, faz com que as conexões entre a parte e o todo sejam por vezes fragilizadas.

Diante da dificuldade dos alunos, de não conseguirem realizar certas tarefas no nível das operações, evidenciamos um aparente problema: não é possível estabelecer uma atividade sem que determinadas operações possam coordenar-se para gerar ações, neste caso, não é possível alcançar uma relação matemática para o pêndulo sem fazer as medidas do ângulo. No entanto, nem sempre é possível estruturar atividades prévias para que os alunos se apropriem de todas as operações necessárias; seria necessária uma infinidade de passos anteriores, seria o equivalente a reconstruir a história da humanidade toda vez que uma ação deva ser realizada. Nem sempre é possível ter todas as operações, para todas as possíveis atividades, já internalizadas, nem tampouco tais operações e ações são as mesmas independentemente da atividade nas quais se coordenam.

A garantia do engajamento em certas atividades nos é dada pela apropriação de determinadas operações em atividades anteriores, mas não se pode ignorar o sempre existente espaço para a criação do novo a partir do já dado, para a negociação de novos sentidos e a internalização de ações na própria atividade que se desenrola. No episódio que estamos analisando, se rapidamente o professor intervém fazendo com que os alunos aprendam, mesmo que de uma maneira muito superficial, a utilizar o transferidor, o problema da coordenação de ações e operações pode ser minimizado – ele não será um *expert* em transferidores neste momento, mas conseguirá engajar-

só realizem a atividade científica – lembremo-nos que a mediação do outro nas apropriações do gênero humano são fundamentais para a relação com o mundo -, mas diz respeito à até que ponto um relaxamento nas ‘imposições’ do professor, acerca de quais ações individuais devem ser feitas e a maneira como se coordenam, prejudica ou facilita o processo de ensino-aprendizagem. Somos tentados a responder, apoiados na perspectiva de educação como complexificação da relação dos sujeitos com o mundo, que todas as abordagens devem ser utilizadas nos mais diferentes momentos – não existe uma fórmula certa e única para relacionar-se com o mundo. Ora as atividades emergem dos próprios indivíduos, ora são imposições externas, o que não significa que não se pode ter consciência da sua estrutura e das suas complexas relações internas e externas.

se na atividade. Futuramente, em outras atividades, outras relações que dão sustentação à utilização do transferidor poderão ser complexificadas. Não podemos, a todo momento, ter a completa consciência de todas as relações de todas as operações e ações que realizamos – ou que os outros realizam, ou seja, a aprendizagem não se dá por um único contato com aquilo que se deseja/necessita aprender. Como bem destacou Vigotski, a aprendizagem de um conceito se inicia quando sujeito o percebe pela primeira vez e nunca mais termina.

Episódio 3

O terceiro episódio que trazemos a fim de exemplificar nossas proposições exemplo é retirado da disciplina “Práticas de Ensino” do curso de licenciatura da Universidade de São Paulo. Neste episódio participam o monitor (M) da disciplina, alguns futuros professores, que chamaremos de alunos (A) e o pesquisador (PE) que interfere na discussão sugerindo tarefas. Os aspectos metodológicos já foram acima descritos.

A atividade desenrola-se em torno da discussão de experimentos de eletrostática: processos de eletrização, força elétrica e eletroscópio. Os alunos (futuros professores) deveriam realizar os experimentos e discutir o roteiro de tarefas, que posteriormente seriam realizadas em sala de aula na rede pública de ensino. A partir de certo momento da atividade, os alunos da disciplina já haviam cumprido as tarefas planejadas e estavam refazendo os experimentos e discutindo conceitos sobre eletroscópio; neste momento o pesquisador sugere que os alunos envolvam o eletroscópio com folha de alumínio, formando uma “Gaiola de Faraday” e refaçam algumas observações.

Episódio 3: Folha de alumínio no eletroscópio.			
Turno	Pessoa	Fala	Ação
1	PE	Posso sugerir uma coisa?	
2	Alunos	Pode sim.	Falam em conjunto.
3	PE	Pega o papel alumínio. Envolva o	

		eletroscópio com o papel alumínio e tenta vê se funciona	
4	M	Qual eletroscópio?	Acaba de chegar do outro grupo e participa.
5	PE	Envolve onde você vai encostar ou aproximar. Sem encostar o papel alumínio nele.	
6	A1		Começa a fazer a proposta.
7	PE	Entenderam a minha sugestão? Fazer uma gaiola de Faraday.	Muito barulho feito por todos. Falam ao mesmo tempo.
8	A2	Sem encostar o papel alumínio aqui?	Aponta uma parte do eletroscópio.
9	PE	Sem encostar na parte metálica.	
10	A1	Aqui eu vou fazer assim...	Com a folha de alumínio na mão tenta cobrir o eletroscópio.
11	M	Sem encostar na parte metálica.	
12	A3	Dá licença aqui ó.	Tenta ajudar o aluno 1
13	PE	Ou, ou segurar só... Não precisa nem enrolar. Só segurar.	
14	A3	Assim vai aumentar a distância...	Fala algo que não dá pra escutar, todos os envolvidos estão murmurando alguma coisa.
15	M	Aí já não é mais...	Não completa a frase, foi interrompido pelo aluno 1
16	A1	Aí não, mais aí o campo interno é zero, cara. Aí não vai, aí não vai, aí não vai dá nada.	Enquanto o aluno 1 fala o aluno 3 está mexendo no eletroscópio.
17	M	Mas eu acho que aí cê não tem esse problema. Acho que cê...	As falas se embolam. Todos murmuram juntos.
18	M	Que é assim. Se cê toma uma distância muito grande do eletroscópio, que já não... Consegue perceber, entendeu?	O monitor continua. No final da fala a voz mais ficando mais fraca.
19	A1	O campo interno é zero!	Manipula o eletroscópio e afirma de maneira enfática.
20	A1	A gaiola de Faraday... Isola o campo elétrico	Fala algo que não é possível entender pois o

			monitor fala junto.
21	M	Enrola esse papel e ele vai chegar até aqui. Se ele chegar aqui sem o papel não vai da nada.	Sua fala se sobrepõe a do aluno 1.
22	Todos		Murmúrios de todos.
23	A1	Que é fraco né. O campo é fraco nesse negócio aí.	
24	A4	Teria que ter um campo muito maior né pra poder perceber.	
25	M	Ce vai poder perceber que...	Murmúrios de todos novamente. Monitor não termina a frase.
26	A1	É legal, mas o campo interno é zero e aí isola. A gaiola de Faraday isola o campo elétrico, não entra nada.	Sua voz vai ficando mais branda no fim da fala.
27	M	Mas aí cê tá dizendo de antemão, né, de uma teoria...	
28	A1	É de uma teoria que eu conheço né, lógico.	Atrita o bastão para realizar o experimento.
29	A1	Mas seria bom se a gente conseguisse gerar umas cargas pra gerar um campo elétrico bem grande lá pra gente verificar isso.	Continua atritando o bastão. Todos aguardam.
30	A1	Opa. Ó lá, tá mexendo sim cara! Tá mexendo.	Aproxima o bastão do eletroscópio e a folha que o envolve mexe-se
31	A1	Olha. Até mexe o alumínio. Puxa até o alumínio.	Observa o eletroscópio com um sorriso. Silêncio de todos.
32	A1	Olha lá. Ó. Tá puxando até o alumínio pra cá meu. Acho que esse alumínio deve tá interferindo lá dentro daquela porcaria também.	Repete o experimento.
33	M	Lá dentro?	
34	A1	É, porque olha. Esse cara puxa, esse cara puxa e esse outro puxa também né. Porque ó, se esse cara é negativo puxa as cargas positivas pra cá e esse cara fica po... indução total que chama isso aí não é? Quando tem um negócio dentro do outro. Isso aqui ó.	Faz gestos com a mão para ilustrar o que tenta dizer.
35	M	Um colega meu me perguntou esses dias aí ó e eu vou deixar pra vocês pensarem em casa.	
36	A1	Porque isso aqui cara. Isso aqui um metal legal ó.	Interrompe o monitor
37	M	Na gaiola de Faraday você tem o que,	Monitor continua sua fala

		campo zero ou campo total nulo? Ou seja, você vai dizer que lá não existe carga...	mas o alunos 1 continua a realizar o experimento junto com A2 e A3. Inicia-se uma conversa paralela entre o monitor e outros alunos que não é compreensível.
38	A1	Olha.	
39	A2		Fala algo inaudível.
40	A1	Então, mas aí, mas aí vai afetar a mesma coisa porque ele, desse lado aqui vai ficar ó. Porque se aqui é negativo aqui vai ficar positivo, aqui vai ficar negativo aí vai puxar as cargas. Não adianta. Isso aqui ele é condutor	Faz gestos com a mão. O primeiro 'aqui' é o bastão, o segundo a folha de alumínio e o terceiro o eletroscópio.
41	A1	Ele puxa mesmo.	De cabeça baixa e voz branda. Fala pra si mesmo. Repete o experimento.
42	A1	Porque a gaiola de Faraday ela também não é continua né. É trançada as coisas né, não é assim. É uma malha.	Levanta a cabeça e questiona o pesquisador.
43	PE	Pode sim.	Afirma que a gaiola pode ser contínua também.
44	A1	Também, mas eu pensei que o campo interno lá ia dar zero lá dentro, não ia ter nada. Pelo que a gente ta vendo aí ta passando porque ele puxa as cargas daqui, aqui fica com a carga de sinal contrário que, que acaba interferindo aí, aí naquele eletroscópio.	Repete o experimento.
45	A3	Acho que pra ser uma gaiola de Faraday cê tinha que envolver todo.	
46	A1	Óia, óia	Repete o experimento.
47	A3	Se ele tá imerso no, no... Numa, sei lá, gaiola mesmo. Toda ela.	
48	A1	A gaiola também era aterrada né, era aterrada né?	
49	A1	Era aterrada né. Ó. Ó. Tá até melhor assim com esse negócio do que... que sem esse negócio aí. Tá conduzindo mais.	Repete o experimento.
50	A3	Não. Por que, por exemplo, um carro também não faz as vezes uma gaiola de Faraday... Quando... Toma. Já escutou	

		falar que o carro é muito seguro quando se tá no meio de uma tempestade	
51	A1	Seguro? Muito seguro!	Procura entender o que A4 disse e concorda com ele.
52	A3	Seguro. Seguro. O avião também é seguro.	
53	A2	Por que?	
54	A3	Porque embora tenha mais carga lá, porque ele vai distribuí na superfície e não vai entrar. Nesse caso é a gaiola de Faraday. E o carro, no caso do carro ele tá isolado do chão por causa do pneu. E também o avião não tá aterrado. E nesse a carga ta lá e não precisa ser necessariamente aterrado	
55	A1	Não, mas as cargas descem quando o raio cai e vai tudo pra terra. Porque senão a hora que cê abre a porta as carga vai descarregar tudo em você.	Faz gestos do raio caindo sobre o avião.
56	A3	Hum.	
57	A1	O avião também quando desce ele já tem, ele já tem, ele já tem um sistema que bate no chão que ajuda também a bater nas carga. Porque abre a porta o cara morre também...	
58	Todos		Murmúrio coletivo não compreensível.
59	A3	O caminhão-tanque. Já viu?	Dirigi-se para A1.
60	Todos		Todos falam juntos. A1 não para de atritar o bastão para repetir o experimento.

Logo no começo do trecho, após a solicitação do pesquisador os alunos organizam-se para colocar em prática a tarefa de refazer algumas observações agora com o eletroscópio envolto em folha de alumínio. Na figura 19 trazemos uma representação esquemática de um eletroscópio, que é um dispositivo capaz de indicar a presença de corpos eletrizados na sua proximidade. A sugestão do pesquisador foi de envolver com folha de alumínio aquilo que na figura 19 é representado pelo círculo que adquire carga negativa com a aproximação do bastão positivamente carregado.

Figura 21: Eletroscópio³⁵

Neste segundo exemplo buscamos evidenciar um caso de apropriação alienada do conceito “Gaiola de Faraday”. Antes que o experimento fosse realizado nas condições sugeridas pelo pesquisador, o aluno 1, no turno 16, afirma que o “campo interno é zero” e que nada aconteceria. Ele faz tal afirmação apoiando-se numa teoria que conhece de antemão, o que é evidenciado pelo turno 28: “É de uma teoria que eu conheço né, lógico”, quando busca dar validade à sua hipótese diante da fala do monitor, no turno 27, que pode ter inspirado dúvida quanto à credibilidade daquilo que se afirmava sobre nada acontecer. Afirmações semelhantes sobre “campo interno zero” e “Gaiola de Faraday” estão presentes ainda em outros turnos (20, 23 e 26), todos anteriores à realização do experimento; até então os participantes da atividade não tinham terminado de organizar o aparato para fazer o procedimento sugerido, o que somente acontece no turno 30. O aluno 1 está bastante convicto que sua hipótese de que nada irá acontecer está correta, e ainda a reforça dizendo, no turno 29, que seria interessante poder comprovar isto, mas seria preciso um campo elétrico maior do que o disponível nestes experimentos.

Para a surpresa do aluno 1, e também dos outros que estavam convencidos de que nada aconteceria, no turno 30 o experimento é refeito e o invólucro de alumínio

³⁵ Figura retirada de [<http://en.wikipedia.org/wiki/Electroscope>]. Consultado no dia 12/04/2011.

movimenta-se. O espanto dos alunos manifesta-se também nos turnos seguintes, nos quais o experimento é repetido outras vezes buscando confirmar o evento anômalo³⁶ que contrariava as expectativas. No turno 34 o aluno 1 busca explicar o ocorrido com uma frase bastante confusa e mostra-se muito incomodado com o fato de a folha de alumínio mover-se. Ele repete inúmeras vezes o experimento até o final do episódio.

O aspecto que queremos aqui destacar é que os conceitos “campo interno zero” e “Gaiola de Faraday” foram “aproblematicamente” e quase instantaneamente utilizados neste contexto, pelo aluno 1. O conceito “Gaiola de Faraday” é amplamente utilizado quando se analisa o campo elétrico no interior de condutores carregados eletricamente. Em determinadas condições se afirma que o campo interno torna-se nulo e que um objeto, ou mesmo uma pessoa, não sofreria qualquer dano se estivesse no interior deste condutor. Isto foi demonstrado por Faraday em uma apresentação pública; ele entrou em uma gaiola e pediu para que seu assistente a carregasse eletricamente; no entanto, mesmo estando carregada a gaiola, Faraday nada sofreu.

A relação entre “campo interno nulo” e “nada acontecer” é apropriada de forma alienada, ou seja, por meio de uma *ultrageneralização*, entende-se que sempre que algo for envolvido por um condutor o campo interno é nulo e nada acontecerá. A apropriação alienada de tal conceito não permite que se entenda quais as condições para que tal experimento seja válido, ou quais as condições para que a montagem constitua aquilo que se conhece por Gaiola de Faraday, ou ainda, qual o significado de “nada acontecer”: não acontece algo no interior do condutor ou em qualquer região nas proximidades de tal condutor?

Podemos inferir, por meio da análise do episódio, que a expectativa dos alunos, sobretudo do aluno 1, era de nada acontecer, que não existira nenhuma influência do bastão carregado sobre a montagem. Quando analisamos atentamente a situação (o experimento), o que ocorre é a atração do invólucro de alumínio, que não está fixo, pelo bastão eletrizado. “Olha. Até mexe o alumínio. Puxa até o alumínio” é o que o

³⁶ Aqui o evento anômalo é facilmente percebido, pois trata-se de uma expectativa de fácil confirmação e que não necessita de um pensamento teórico mais complexo para a sua percepção: movimenta-se ou não – tal movimento é bem aparente. Adiante apresentaremos outro exemplo no qual o dado anômalo não é facilmente percebido.

aluno 1 diz e é para o invólucro que se movimenta que sua atenção está voltada. O experimento que os alunos, neste momento, conduzem não é o teste capaz de analisar se o campo no interior do condutor é nulo ou não, mas um teste que mostra, que por meio da indução eletrostática, o invólucro é atraído pelo bastão – da mesma maneira que pedacinhos de papel são atraídos por uma caneta atritada no cabelo.

No turno 42 aparece uma tentativa de colocar em questão se o aparato que utilizavam era ou não uma Gaiola de Faraday. Para eles, o problema estaria resolvido se a montagem sugerida pelo pesquisador não o fosse, pois assim, não precisariam questionar suas afirmações sobre “campo interno zero” e “Gaiola de Faraday” já apropriadas e válidas em determinados contextos de aplicação, como aqueles citados nos turnos de 50 a 59.

No turno 44 encontramos mais uma evidência de que o conceito foi apropriado de forma alienada pelo aluno 1: “[...] mas eu pensei que o campo interno lá ia dar zero lá dentro, não ia ter nada. Pelo que a gente tá vendo aí tá passando [...], que acaba interferindo aí, aí naquele eletroscópio”. O aluno continua afirmando que não deveria acontecer nada se o campo interno fosse zero; ele não percebe que não está fazendo uma observação com relação ao campo interno, mas acerca da atração entre bastão e folha de alumínio.

Mais uma tentativa de por em questão se a montagem é uma Gaiola de Faraday é feita pelo aluno 3, no turno 45, mas que não recebe atenção dos demais, uma vez que estão com a atenção voltada para a realização do experimento (mais uma vez). O próprio aluno 3 não busca avançar no seu questionamento, o que percebemos no turno 47.

Em suma, a apropriação alienada do conceito “Gaiola de Faraday” não permite que outros aspectos da montagem experimental recebam atenção; ou seja, os alunos prendem-se somente no movimento da folha de alumínio, que contraria a expectativa de nada acontecer (expectativa que não deveria existir nenhuma influência sobre a montagem). Porém o “nada acontecer” no contexto da Gaiola de Faraday está relacionado à não existir um campo elétrico dentro do condutor, não que a folha de alumínio, que não estava fixa, não fosse atraída.

A contradição que surge entre a expectativa e aquilo que se vê poderia ter sido mais bem utilizada, pelo monitor e pelo pesquisador, para tornar a apropriação dos conceitos ali envolvidos menos alienada. Poderia ter sido de grande valia ampliar os questionamentos sobre a validade do que é Gaiola de Faraday e deslocar a atenção dos alunos para além da folha de alumínio que se movia, uma vez que os alunos estavam envolvidos na busca da explicação do ocorrido, mas faltou-lhes a mediação pelo pensamento teórico que seria capaz de levá-los ao experimento *concreto* (em oposição ao experimento *sensível*). Neste sentido, o papel do professor é buscar promover o contínuo movimento de ascensão ao concreto real, o concreto no qual o experimento se manifesta com toda a sua complexidade – complexidade que não se faz presente na abstração “Gaiola de Faraday”. A contradição deveria desempenhar (e se aproveitada pelo professor como) o motor do processo de negociação com o concreto real.

Episódio 4

O quarto episódio que trazemos é também retirado da disciplina de “Práticas de Ensino”, de uma situação muito parecida com a do episódio anterior - os alunos da disciplina estão divididos em grupos de três ou quatro pessoas, realizam os experimentos e discutem os roteiros experimentais que, posteriormente, serão levados para escolas da rede pública de ensino, nas quais realizam atividades de estágio como professores de Física. Neste episódio os experimentos estão relacionados à eletrodinâmica, ligações em série e paralelo dos elementos de um circuito elétrico, neste caso, pilhas e lâmpadas. Buscamos, por meio deste exemplo, evidenciar, além da apropriação alienada de certos conceitos, que o fato científico não é dado *a priori* aos sujeitos na atividade, mas é construído e negociado no desenrolar da atividade.

O episódio inicia-se com duas alunas³⁷ (A1 e A2) tentando fazer funcionar um circuito formado por pilhas e lâmpadas em série; no meio da tarefa chega um terceiro aluno (A3).

Episódio 4: Lâmpadas em série possuem o mesmo brilho?			
Turno	Pessoa	Fala	Ação
1	A1	Sei lá!	Inverte a posição da pilha.
2	A1	Tenta acender só essa.	
3	A2	Essa tá funcionando bem.	
4	A1	Não sei.	Esboça uma cara de dúvida.
5	A2	É... Só essa do meio que tá acendendo.	
6	A2	Escreve ou não?	
7	M	Não, não precisa escrever a resposta... Só discutir, porque o que nos interessa de fato é ver como o roteiro tá elaborado.	
8	A2	O brilho de todas as lâmpadas é o mesmo?	Lê a pergunta no roteiro.
9	A1 e A2		As duas balançam a cabeça negativamente e a A2 já vai para a outra pergunta.
10	A2	Se você tirar uma das lâmpadas do soquete o que acontece com as demais?	Lendo o roteiro.
11			Imediatamente a A1 começa a retirar a lâmpada do soquete e antes que consiga o monitor interfere.
12	M	Calma aê, rapidinho então, antes de vocês irem pro próximo.	As duas meninas se afastam do circuito levantando as mãos.
13	M	O brilho de todas as lâmpadas é o mesmo?	
14	A1 e A2	Não.	
15	M	Por que?	Silêncio.
16	M	Põe as 3 pilhas.	

³⁷ Futuros professores. Escolhemos aqui chamá-los simplesmente de aluno da disciplina, como no exemplo anterior.

17	M	A pilha tá ligada de qualquer jeito ou tem alguma organização preferencial?	
18	A2	Ela ta na ordem, negativo positivo, negativo positivo.	Indica com a mão o que quer dizer.
19	Todos		O circuito não funciona. Todos procuram pilhas que façam o circuito funcionar.
20	Todos	Ah...	O circuito funciona.
21	M	Então, todas as lâmpadas... Tão com o mesmo brilho?	
22	A1	Acho que estão né... não...	
23	Todos		Falam todos juntos, não é possível compreender.
24	A2	A do canto tá mais fraquinha.	
25	M	A do canto tá mais fraca?	
26	A2	É... eu acho que é porque ela é... é... mais fraca	Vai abrandando a voz, com dúvida.
27	A3		Fica olhando para a lâmpada.
28	A3	Não tem nada escrito.	
29	A1	É... Eu tava procurando também pra ver se tem o valor nominal.	
30	A3	Posso tirar?	Sobrepõe sua fala com a da aluna 1.
31	M	Pode tirar.	
32	A3		O aluno 3 retira a lâmpada do soquete e todas se apagam.
33	M	Aí você já pode responder a outra.	
34	A3	É.	
35	Todos		Procuram algo na lâmpada.
36	M	Vocês conseguiram explicar porque que o brilho é diferente?	
37	A1	Não	
38	M	Por que o brilho é diferente?	Silêncio de todos.
39	M	Por que que não é o mesmo brilho?	
40	A3	Então... Pior é que eu achava que na primeira ia tá mais forte.	
41	M	Qual que é a primeira?	
42	A3	Do circuito aqui.	Aponta com o dedo para a lâmpada.
43	A3	A que tivesse mais próxima das pilhas,	

		sabe?	
44	M	A que tivesse mais próxima das pilhas você...	A aluna 1 interrompe a fala do monitor.
45	A1	Você acha que a do meio tá mais fraca?	
46	A3	Eu acho que esta tá mais forte do que esta.	Aponta a lâmpada do meio e em seguida a da ponta.
47	A1	Mas é a mesma corrente que passa.	
48	A3	Então... Será que elas tão igual?	
49	M	Então. Por que que...	Não conclui sua frase.
50	A2	Eu acho que em algum lugar tá...	Não conclui sua frase.
51	A3	Não é a mesma corrente, por que não é série? Quando tá em série eu acho que vai perdendo a corrente.	
52	A1	Não.	
53	A3	Não? Como é? Quando tá em paralelo...?	
54	A1	Quando tá em paralelo... Em paralelo divide... Pelo fato da resistência.	Faz um gesto com a mão como se desenhasse no circuito a corrente indo pra cima e para baixo.
55	A1	Eu acho... Eu acho... Nem todas as lâmpadas aqui são... São de 2,2 volts...	Pausa.
56	A1	Ou ou o valor de fabricação é esse só que na verdade é... É... Ele pode ser menor.	
57	A3	Ou tá mais velho.	
58	M	Isso, pode ser. Provavelmente algum problema de fabricação das lâmpadas ou então essa questão de uma tá muito mais... velha que outra. E... não tá desempenhando bem a função.	
59	M	Próxima.	

Começamos nossa análise no turno 8. A aluna 2 lê a pergunta no roteiro e em seguida as duas alunas respondem negativamente e logo vão para a próxima questão. O motivo pelo qual chamamos a atenção neste trecho é que a montagem experimental, sugerida pelo roteiro, tem como objetivo evidenciar que elementos em série no circuito elétrico são percorridos pela mesma corrente elétrica, e faz isto por meio da comparação do brilho das lâmpadas – ao fazer isto, sugere, implicitamente, que quanto maior a corrente maior deve ser o brilho. Tal afirmação não é tão problemática quando se trata de uma mesma lâmpada; se ela é ligada a um circuito e

possui determinado brilho e em seguida, a mesma lâmpada, é ligada em outro circuito e possui um brilho maior, podemos afirmar, sem grandes problemas, que no segundo caso a corrente elétrica é maior. As concepções apresentadas pelos alunos diante do problema do brilho das lâmpadas é bastante explorado pela literatura e tais concepções são bastante recorrentes (BARBOSA, 1999; BRYAN & STUESSY, 2006; AFRA *et al*, 2009). Neste momento, é importante salientar que não estamos interessados somente na concepção alternativa apresentada.

Para os alunos, que simplesmente respondem o questionário, o diferente brilho das duas lâmpadas ligadas em série não é um problema; porém, um sujeito que se baseia na relação simplista entre brilho e corrente poderia chegar à conclusão de que a corrente que circula pelas duas não é a mesma, o que estaria em desacordo com o objetivo da atividade: mostrar que elementos em série possuem a mesma corrente elétrica. Ressaltamos que, para as duas lâmpadas em série, a corrente que circula é a mesma, porém o brilho somente será igual se as duas lâmpadas forem idênticas. Detalhe que não se faz explícito no roteiro.

O monitor percebe que a problemática dos diferentes brilhos não aparece para os alunos e retoma a questão (turno 12), uma vez que este ponto é fundamental quando experimento for levado a sala de aula, a fim de evitar a conclusão errônea que apresentamos acima.

Dois pontos podem ser levantados nesta análise. O primeiro deles é que o monitor e os alunos não compartilham do mesmo objeto da atividade; para o monitor o objetivo está dito no turno 7, o que realmente importa é entender a estrutura do roteiro para ver como eles serão aplicados; para os alunos o importante é seguir o roteiro fielmente respondendo aos questionamentos. O segundo ponto é que determinados conceitos científicos, relacionados à tarefa que realizam, estão apropriados de forma alienada pelos alunos, por este motivo os diferentes brilhos não aparecem como um problema. Esta parece ser uma análise superficial, mas esta nossa posição se confirmará mais adiante, de que os conceitos teóricos estão

encapsulados³⁸, e em alguns casos, em desacordo com os cientificamente aceitos. Vamos adiante.

Depois da questão controversa, colocada pelo monitor da disciplina no turno 21, o brilho da lâmpada já não parece ser unânime; no turno 22 a aluna já não sabe se as lâmpadas possuem ou não o mesmo brilho. A certeza que “fato é fato” não se sustenta aqui. Aquilo que pode ser diretamente percebido – o brilho da lâmpada – já não dá uma resposta objetiva, nem tampouco decisiva. A partir deste momento o objeto da atividade torna-se comum: o brilho das lâmpadas é o mesmo ou não? A explicitação de uma contradição, pelo questionamento do monitor, é capaz de desconstruir a sequência que a atividade vinha tomando e fazê-la caminhar em outro sentido.

Para o aluno 3 a lâmpada que deveria estar “mais forte” é aquela que está mais próxima da pilha (turnos 40 a 43), conceito que é divergente do científico. Por fim, a especulação de que o aluno 3 utiliza-se conceitos errôneos confirma-se no turno 51, quando afirma que nos circuitos em série os elementos não são percorridos pela mesma corrente elétrica ou que a corrente elétrica vai se perdendo. Por este motivo, para ele, o conflito entre aquilo que é observado e os conceitos que apresenta não faz sentido, ou seja, para ele, mesmo lâmpada idênticas deveriam apresentar brilhos diferentes quando ligada em série. Já a aluna 1 explicita seus conceitos, que estão em concordância com os científicos (turnos 47, 52 e 53) e conclui no turno 55 que as lâmpadas podem ser diferentes e por este motivo não possuem o mesmo brilho.

Neste sentido, o objetivo pretendido pelo monitor, o de discutir o roteiro experimental, não seria alcançado pelo aluno 3, uma vez que os seus conceitos estão em acordo com uma percepção direta dos dados empíricos – uma ultrageneralização a partir dos dados experimentais, do *concreto sensório*. Para ele, é normal que lâmpadas em série possuam brilhos diferentes, mesmo que sejam lâmpadas idênticas. O conflito

³⁸ Encapsulado pode, na análise que fazemos, ser utilizado como sinônimo de alienado. O conceito encapsulado não possui uma relação com outros conceitos e nem com outras atividades na vida do sujeito; possui um fim nele mesmo.

cognitivo³⁹, neste caso, não acontece pelo fato do aluno ser mediado por instrumentos que o levam a exatamente ao que vê: brilhos diferentes em elementos em série, sem se dar conta das condições que se fazem necessárias para que isto aconteça. Para a aluna 1, apesar dos seus conceitos estarem em acordo com os da ciência, tais conceitos não se constituem operações para ações posteriores, seja a de questionar a montagem do roteiro ou explicar o fenômeno que se observa – operações não são coordenadas para gerar ações em atividades posteriores.

Deparamo-nos aqui com mais um exemplo de encapsulação ou de apropriação alienada dos instrumentos de mediação. Destacamos, sobretudo, que alienação ou encapsulação de conceitos, não é o problema fundamental – já apontamos a não possibilidade de estar isento de toda a alienação; em algum nível hierárquico o conceito estará alienado. É problema quando não existe nenhum movimento no sentido de “*desalienação*” ou “*desencapsulação*” das apropriações, ou seja, estando o conceito alienado em determinado nível hierárquico jamais se consegue uma modificação desta situação - tais conceitos se constituam de *cristalizações* imutáveis por meio de quaisquer atividades. O sujeito fica alienado da possibilidade de construir os seus próprios sentidos diante do objeto experimental, e do mundo, de maneira geral.

Destacamos que o movimento de construção e desconstrução da atividade somente foi possível por meio da percepção de uma contradição entre o objetivo geral da atividade e os resultados específicos que se conseguia diante do aparato experimental, explicitada pelo monitor e apoiada no pensamento teórico que deu sustentação às posteriores observações e conclusões. Em outras palavras, é possível que sem a intervenção do monitor os alunos caminhassem até o final da atividade somente seguindo os passos sugeridos pelo roteiro sem que, em nenhum momento se deparassem com alguma contradição⁴⁰. A questão que se levanta neste ponto é se a

³⁹ São muitos os trabalhos que buscam, por meio da experimentação como causadora do conflito cognitivo, estratégias para ensinar conceitos científicos. (ver p.e. BARBOSA, 1999; LIMÓN, 2001; AFRA *et al*, 2009).

⁴⁰ É interessante perceber que a contradição também não é auto-evidente. Ela não se faz presente sem a mediação, seja pelo outro, diretamente ou indiretamente.

percepção da desconformidade entre o pensado e o experimentado, percepção da contradição, é sempre capaz de gerar uma atitude que modifique a dinâmica da atividade, ou se em determinados casos, mesmo se fazendo explícita a contradição, os sujeitos a aceitem ou a desprezem sem buscar sua superação.

5.3 A experimentação na perspectiva sócio-cultural-histórica

*Vocês que fazem parte dessa massa,
Que passa nos projetos, do futuro
É duro tanto ter que caminhar
E dar muito mais, do que receber.
E ter que demonstrar, sua coragem
A margem do que possa aparecer.
E ver que toda essa, engrenagem
Já sente a ferrugem, lhe comer.*

(Admirável Gado Novo - Zé Ramalho)

Entendemos que neste momento torna-se fundamental fazer um resgate do caminho que trilhamos ao longo deste trabalho, e assim, de posse do arcabouço teórico que articulamos, dos vários sentidos de experiência-experimentação, das particularidades da produção do conhecimento, dos típicos problemas da experimentação no ensino, dos exemplos empíricos e das análises que fizemos, tentar indicar – e não postular – algumas estratégias que visam a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de ciências, sobretudo por meio da experimentação. Não buscamos, em hipótese alguma, escrever um receituário que deve ser seguido; seria tamanha pretensão, além de uma ingenuidade perigosa se assim fizéssemos. Haja vista a complexidade do processo de formação do ser humano e de atribuição de sentidos ao mundo (a própria construção do mundo) na nossa experiência nele, com ele e por meio dele.

Procuramos entender que a essência do ser humano repousa sobre sua atividade práxica, a atividade que é capaz de transformar-produzir o mundo e, dialeticamente, formar o indivíduo particular. O ser humano é mais do que um

organismo biológico em processo de adaptação ao meio que o cerca; sua mente é mais do que um conjunto de processos intrapsíquicos que visam dar suporte ao processo de adaptação. Não tomamos o homem biológico separado do homem que pensa. Não as dicotomias entre corpo e mente, entre interior e exterior, entre o particular e o universal são superadas por meio da síntese dialética que o movimento evolutivo, tipicamente humano, pode fazer emergir.

Diante deste panorama, entendemos que o processo de ensino-aprendizagem está longe de ser trivial, nem tampouco a análise que se faz sobre tal processo pode ser excessivamente simplista a ponto de desconsiderar todas as particularidades que se fazem presentes em cada indivíduo, indivíduo que faz escolhas, tem preferências, que se emociona - que de maneira geral estabelece relações singulares com o mundo por meio de uma “mochila” que carrega por toda a sua existência, que de certa maneira o faz existir como ser humano e que possibilita o devir: a experiência vivida, a *perezhivanie*... Já tornamos explícito que determinados significados estão estabilizados por meio da experiência humana objetivada e apropriada pelo indivíduo singular, porém nos escapa de uma categoria universal o sentido atribuído em um dado momento único e irrepetível da experiência vivida por cada sujeito. O ser humano é, ao mesmo tempo (e dialeticamente), um ser genérico e singular; universal e particular.

Neste sentido, seria ingenuidade conceber um projeto pedagógico pautado em uma concepção a-histórica do ser humano e seu processo de ensino-aprendizagem. Mais ingênuo ainda seria a defesa de um protocolo ou um método pré-estabelecido que deve ser seguido por professores para que sua atividade de educar seja sempre “efetiva”, um método a ser aplicado: funcional e pragmático. Como viemos apontando ao longo deste trabalho, o papel da educação é proporcionar ao educando o enriquecimento e a complexificação das relações que estabelece com o mundo, fazendo com que se aproprie dos significados já estabelecidos e, sobretudo, proporcionando caminhos para a criação do novo a partir do já dado, a construção da liberdade diante das escolhas e a possibilidade de transformação da realidade que o cerca. E tal caminho jamais se constrói por meio da substituição das relações que sujeito previamente estabelece com o mundo, nem por meio do apagamento da sua individualidade frente à necessidade de uma homogeneização que a educação em

massa vem apregoando, nem pelo conformismo diante da realidade problemática que lhe é imposta. E Paulo Freire nos chama a atenção:

“A ideologia fatalista, imobilizante, que anima o discurso neoliberal anda solta no mundo. Com ares de pós-modernidade, insiste em convencer-nos de que nada podemos contra a realidade social que, de história e cultural, passa a ser ou a virar ‘quase natural’. Frases como ‘a realidade é assim mesmo, que podemos fazer?’ ou ‘o desemprego no mundo é uma fatalidade do fim do século’ expressam bem o fatalismo desta ideologia e sua indiscutível vontade imobilizadora. Do ponto de vista de tal ideologia, só há uma saída para a prática educativa: adaptar o educando a esta realidade que não pode ser mudada. O de que se precisa, por isso mesmo, é o treino técnico indispensável à adaptação do educando, à sua sobrevivência.” (FREIRE, 2000, p.12).

A grande conclusão a que chegamos ao final de todo este percurso, apoiados na perspectiva que sintetizamos nos parágrafos anteriores, é que uma única atividade de experimentação⁴¹, por si só, ou uma única metodologia de ensino fica aquém de toda a complexidade do processo de atribuição de sentidos, principalmente em uma sala de aula ciências, no qual se faz presente a constante tensão entre os significados estabilizados pela prática científica cristalizada nos livros-texto e os sentidos particulares que os sujeitos continuamente atribuem. Corroboramos, assim, com nossa hipótese inicial - partimos de uma frágil hipótese e a ela retornamos munidos de argumentos que apontam as origens dos problemas que a experimentação e que também outros objetos educacionais apresentam quando concebidos independentemente de outras práticas educacionais.

⁴¹ Ou várias atividades desarticuladas, sem uma coordenação no sentido de construção da atividade de ensino-aprendizagem.

A escolha por um único método didático acaba por privilegiar um tipo específico de aluno e excluindo outros, uma vez que parte do pressuposto que na sala de aula as trajetórias de vida são as mesmas e que os estilos de aprendizagem de todos os participantes também o são. Como nos aponta Laburú e colaboradores:

“O entusiasmo por certos ideais pedagógicos que, por ventura, vinculam ações didáticas, parecem não reconhecer, como fizemos notar, a possibilidade de existirem alunos que não se adaptam pedagogicamente a um determinado estilo de ensino, deixando de desconsiderar, na prática, um princípio facilmente constatável, presente em qualquer sala de aula, segundo o qual os aprendizes partem de condições iniciais desiguais e diferenciadas, pois têm trajetórias de vida cognitiva, motivacional e emocional distintas.”
(LABURÚ *et al*, 2003, p. 251)

Se completos métodos de ensino são questionáveis no que diz respeito a abarcar todos os tipos de alunos, o que se diria sobre a experimentação? Ela também não foge desta limitação; Kempa e Diaz (1990) encontraram que determinados estudantes preferem ambientes mais formais de aprendizagem, o que inclui atividades de laboratório que apresentam instruções explícitas e são mais fechadas quanto aos resultados que devem apresentar, enquanto outros, mais motivados pela curiosidade, preferem atividade mais abertas, como por exemplo, atividades experimentais de investigação. Ainda existem os alunos que têm preferência pelas discussões em grupos enquanto outros preferem trabalhar individualmente. É neste sentido que a experimentação não pode constituir-se, por si só, isoladamente de outros meios, o único recurso de ensino-aprendizagem de ciências.

Apoiado na perspectiva de heterogeneidade de habilidades e motivações que os alunos apresentam, Dreyfus (1996) defende que mesmo os mais simples experimentos podem suscitar uma infinidade de tarefas e que cada uma delas pode ser realizada em diferentes níveis de dificuldade, de modo a se ajustarem às

necessidades dos alunos. O autor destaca, ainda, que em determinados momentos os alunos podem trabalhar em atividades específicas separados em pequenos grupos e cada grupo, mesmo realizando as atividades em seu próprio nível, pode contribuir para que a classe como um todo alcance os objetivos pretendidos; em outras palavras, a divisão das tarefas em diferentes graus de dificuldade não compromete o objetivo comum. Dreyfys (1996) ressalta, porém, que isto demanda do professor muito tempo e criatividade para criar um “repertório” de atividades experimentais, além de novas maneiras de gerenciar a atividade dos alunos na sala de aula.

Por meio da diversificação das tarefas e do nível de cada uma delas, é possível criar um espaço no qual os alunos estejam “envolvidos de forma colaborativa na negociação, na criação de novos significados que pressupõem novas organizações dos envolvidos e não apenas a aquisição de conteúdos particulares” (MAGALHÃES, 2009, p. 59); é a constituição da ZDP coletiva, que compreende o espaço entre o que os participantes “são” e “o que estão em processo de tornar-se” (*ibidem*, p. 59) e que permite a negociação de um mesmo objeto na atividade e, ainda, a possibilidade de que tal objeto evolua: aquilo que era um “troço que balança”, no primeiro exemplo que analisamos na seção anterior, tem a possibilidade de tornar-se um “pêndulo simples”, se estabelecidas determinadas relações entre as partes que o compõe e, ainda, numa etapa subsequente da atividade, pode vir a tornar-se um meio pelo qual se pode mediar a aceleração da gravidade.

Até o momento advogamos a favor de uma pluralidade de metodologias para que diferentes alunos, e suas particularidades, sejam abarcados pela atividade educacional. Porém, a multiplicidade de enfoques de uma atividade educacional, na perspectiva que temos defendido, é capaz de proporcionar a complexificação dos sentidos (e das suas dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas) atribuídos ao mundo. É para este detalhe que nos voltaremos agora.

Hofstein e Lunetta (2004) apontam que a pesquisa em ensino de ciências:

“tem sugerido que, embora as investigações do laboratório ofereçam importantes oportunidades para conectar os conceitos científicos e

teorias discutidas em sala de aula e nos livros didáticos com as observações de fenômenos e sistemas, a investigação no laboratório sozinha não é suficiente para fazer que os alunos construam o complexo entendimento conceitual sobre a comunidade científica contemporânea” (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004, p. 33).

Analisaremos, neste momento, a primeira parte desta afirmação – conectar conceitos científicos aos fenômenos. Tradicionalmente tem-se pensado o ensino de ciências por meio do par teórico/empírico, no qual assume-se, de maneira dicotômica, a existência de dois tipos de saberes com os quais os alunos devem relacionar-se. Na sala de aula e nos livros-texto estuda-se aquilo que é concebido como conhecimento teórico, enquanto nas atividades de laboratório trata-se do conteúdo empírico.

Na perspectiva do materialismo dialético, teórico e empírico se interpenetram e determinam-se reciprocamente. Aquilo que é empiricamente acessível somente o é por meio do pensamento teórico, ao passo que, dialeticamente, o pensamento teórico é transformado pelo empírico. Neste sentido, mesmo que não explícito, existe na aula de laboratório um pensamento teórico que a orienta, mesmo que tal pensamento teórico seja muito pobre em relação à complexidade que deveria apresentar a fim de poder apreender o objeto nas suas múltiplas facetas. Por outro lado, podemos afirmar que, do ponto de vista do materialismo dialético, nas aulas apoiadas no livro-texto o conhecimento não é exclusivamente teórico, pois existe ali uma prática associada, seja a de resolução de exercícios, de decorar fórmulas que serão aplicadas em um contexto extremamente restritivo, mas que de certa maneira transcende o conteúdo puramente abstrato e caminha para alguma concretude – mesmo que pobre, apresentando também a limitação de não conhecer-produzir o real em toda a sua complexidade⁴².

⁴² Temos feito uma comparação entre níveis de pensamento no que diz respeito a complexidade que podem apresentar e a capacidade de apreender a realidade em suas múltiplas facetas, de caminhar em direção a *verdade*; parece-nos suscitar a existência de um limite rígido que nos permite graduar todo o conhecimento humano em uma escala pré-definida. Porém, Lênin aponta que: “Do ponto de vista do materialismo contemporâneo, isto é, do marxismo, são historicamente condicionais os *limites* da aproximação dos nossos conhecimentos em relação à verdade objetiva” (Lênin, 1982, p. 102, grifos no original).

Tomemos como exemplo o conceito “elementos em série de um circuito elétrico são percorridos pela mesma corrente elétrica”, que se fez presente no terceiro episódio que analisamos na seção anterior. Determinados problemas ou exercícios puderam ser resolvidos, em contextos muito específicos, pela apropriação de tal conceito e apoiando-se nele. Porém, diante do objeto experimental (de pilhas, lâmpadas e fios) tal conceito é incapaz de resolvê-los, pois novos elementos se fazem presentes: Podem as lâmpadas serem tratadas como resistores? A pilha fornece sempre a mesma diferença de potencial? Como podemos “enxergar” a corrente elétrica? O brilho da lâmpada relaciona-se de que maneira com a corrente elétrica? Brilhos iguais representam correntes iguais? Brilhos diferentes implicam em correntes diferentes? São estas as questões e muitas outras que se apresentam⁴³. A complexidade com a qual o objeto experimental pode apresentar-se faz surgir a necessidade de um tipo qualitativamente novo de relação, que não pode ser senão aquela que transcende a dicotomia teórico/empírico.

Por outro lado, a atividade experimental - apesar de ajudar os alunos na construção do conhecimento e na validação de suas ideias - não é capaz de, por si só, proporcionar o desenvolvimento de um modelo científico completo para o comportamento dos circuitos elétricos (HOSFSTEIN & LUNETTA, 2004, p. 33).

Isto implica que as atividades na sala de aula e no laboratório podem ser concebidas de uma maneira mais ampla, na qual os diversos níveis *empíricos* e *teóricos* presentes em todas as etapas do processo de ensino-aprendizagem podem ser desvelados a fim de se produzir um conhecimento prático, não encapsulado e capaz de transcender os restritos limites de aplicação que lhe são impostos pela dicotomia teórico/empírico. Segundo Borges (2002):

“Sem dúvida que as teorias físicas são construções teóricas e expressas em forma matemática; mas o conhecimento que elas

⁴³ Não são diretamente apresentados. É necessário que exista a mediação capaz de conduzir à complexidade do objeto.

carregam só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porquê as coisas são como são e não de outra forma. Isso não significa admitir que podemos adquirir uma compreensão de conceitos teóricos através de experimentos, mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não são isoladas. Não se trata, pois, de contrapor o ensino experimental ao teórico, mas de encontrar formas que evitem essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos estudantes.” (BORGES, 2002, p. 298)

Em suma, o primeiro apontamento que fazemos diante das atividades experimentais relaciona-se à possibilidade da existência de uma pluralidade de metodologias, tanto no que diz respeito aos enfoques pelos quais se apresenta (e das dificuldades que pode trazer aos estudantes), quanto pela multiplicidade de análises que podem despertar – sob teorias distintas e divergentes, em diferentes contextos de aplicação, sobre as limitações de cada montagem – buscando abarcar os mais variados estilos de alunos e, sobretudo, dando a possibilidade para que os estudantes construam novos e mais complexos sentidos diante dos objetos, incluindo os científicos, afim de que compreendam o papel ocupado por cada um deles frente à totalidade das produções humanas. Mas, para isto, é fundamental que se desenvolva uma visão não distorcida acerca da produção do conhecimento científico.

Temos sido consumidores dos produtos da ciência e da tecnologia, produtos que nos tem sido dados como *objetos fetichizados*, cujas relações de produção foram apagadas, o que lhes permite, aparentemente, ganhar vida própria e, em certos casos, poderes místicos. Computadores e automóveis são mágicos; conceitos como DNA, fotossíntese ou fusão nuclear são ahistóricos, uma vez que descendem do conhecimento verdadeiro e imutável. Apoiados numa perspectiva de ensino que caminha para a “desalienação” e para “desencapsulação” do que se aprende na escola, entendemos que o ensino de ciências não deveria ser responsável por reproduzir as visões distorcidas do que é o conhecimento científico (e da comunidade científica),

dando a impressão de que a ciência é aproblemática e imutável, alheia a atividade humana e acessível somente a poucas pessoas, cujas mentes foram agraciadas com a capacidade alcançá-la tal como é, sendo um instrumento de segregação e não de transformação dialética da realidade.

Como argumenta Perez *et al* (2001), o ensino formal tem contribuído para a reprodução da visão distorcida acerca dos processos de construção do conhecimento científico, seja diretamente, pela transmissão de tais visões, seja indiretamente, pela omissão ao não problematizá-las. Os autores apontam que as mesmas concepções acerca do trabalho científico apresentadas pelo senso comum estão presentes nos professores de ciências o que contribui para a sua propagação. Buscamos apontar que as atividades experimentais podem constituir-se de um espaço que propicie que tais visões sejam problematizadas. Podem colaborar, mas não, por si só, fazer com que “os alunos construam o complexo entendimento conceitual sobre a comunidade científica contemporânea” (HOFSTEIN & LUNETTA, 2004, p. 33)⁴⁴. O papel do professor é fundamental neste aspecto – se suas concepções acerca do trabalho científico são deformadas não será possível que os alunos apropriem-se de maneiras menos distorcidas os processos produtivos da ciência.

Nott e Wellington (1996; 2002) apontam que durante a realização de atividades experimentais podem ocorrer *incidentes críticos*, que são eventos que confrontam o professor e o faz agir explicitando alguma visão relativa à natureza do conhecimento científico como, por exemplo, quando o experimento “dá errado” e se faz necessário uma justificativa para o ocorrido ou alguma ação que dê continuidade a atividade. Os autores defendem que estes são bons momentos para se explicar sobre a ciência e sobre os cientistas.

Se a visão que o professor possui acerca da ciência e seus processos é ingênua, diante de um incidente crítico o próprio professor pode fraudar os resultados para que o experimento atinja o seu objetivo de “dar certo”, evitando assim que a atividade seja “perdida”, que seus alunos fiquem frustrados diante da falha apresentada – muitos experimentos têm sido evitados simplesmente por não “darem certo”. Por outro lado,

⁴⁴ Trata-se da mesma citação que acima fizemos e que naquele momento analisamos a primeira parte.

se o professor é munido de uma visão menos distorcida do trabalho científico é capaz de utilizar-se do incidente crítico para colocar questões relativas à natureza do conhecimento científico - a montagem experimental, a condução do experimento e a análise passam a ser problematizadas e não mais absolutas. Nesta perspectiva, o “erro” não repousa mais somente sobre os alunos que não seguiram fielmente a receita ou em problemas na montagem e nas medidas. Estes últimos podem, sem dúvida alguma, ocorrer, mas serão analisados de forma não alienada, entendendo que a montagem experimental não é uma fonte absoluta de conhecimento imutável e a-histórico.

Segundo Nott e Wellington (1996) o professor deve tornar explícito aos alunos um amplo repertório de visões sobre a produção do conhecimento científico e da atividade experimental: “Professores e alunos devem saber o que é o que, o que estão fazendo, quando e por que. A honestidade é a melhor política” (NOTT & WELLINGTON, 1996, p. 817, tradução nossa). E assim, os indivíduos caminharão na direção de conscientizar-se dos sentidos que coordenam ações e operações para a composição da atividade na qual estão envolvidos, no sentido de poder estabelecer formas qualitativamente novas e cada vez mais complexas de relação com os objetos que os cercam.

Isto não significa que se deva optar por excluir certos tipos de atividades experimentais, como, por exemplo, aquela que visa a simples reprodução de um experimento cujos resultados já são conhecidos - a um novato pode ser dada a oportunidade de repetir passo-a-passo o experimento já conhecido para saber se apropriou-se das técnicas e habilidades que uma determinada atividade no laboratório necessita (*ibidem*). Mas trata-se de atribuir a cada atividade experimental um sentido mais amplo dentro do conjunto das atividades educacionais como um todo; assim, mesmo o mais simples experimento ganha sua importância quando inserido em um sistema que possui objetivos maiores. O problema encontra-se quando tal objetivo maior não existe e a atividade experimental possui um fim nela mesma, não passando da simples repetição alienada de passos pré-definidos.

Destacamos que conceber a atividade experimental nesta perspectiva não é, de maneira alguma, uma tarefa simples, nem tampouco pode ser realizada da noite para o dia. A experimentação pode e deve ter um papel de destaque no ensino de ciências, porém, quando utilizada de maneira isolada de outras práticas ela não é capaz de trazer frutos significativos para o processo de ensino-aprendizagem de ciências. É preciso reconhecer que a experimentação deve estar inserida num projeto mais amplo, no qual ela mesma também é objeto a ser analisado e posto em dúvida frente a outras perspectivas teórico-empíricas. Não deve constituir-se como fonte única e inquestionável de produção de sentidos.

É preciso reconhecer que os sentidos atribuídos pelos alunos (e por todos) apresentam dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas, frutos de sua interação com o mundo muito antes dos tempos do ensino formal e que o movimento em direção a complexificação de tais compromissos é um processo que jamais se encerra - apresentar conceitos científicos ou discutir as concepções ingênuas da ciência uma única vez não fará que se aprendam por completo tais conceitos ou se mude a visão que se tem do trabalho científico.

É reconhecer que atividade experimental pode, sem dúvida alguma, ser um espaço para que o aluno *experimente* o fenômeno, que goste, desgoste, critique, que o possua, que o fenômeno aconteça *para ele*. E, neste sentido, buscar meios pelos quais a ciência (e o seu ensino) possa tornar-se mais que a simples memorização de “fatos”, fenômenos e fórmulas. Buscar caminhos pelos quais a ciência (e o seu ensino) possa transcender os limites da própria escola (e seus pseudoproblemas) rumo a captar a essência da problemática realidade que nos é imposta e, assim, consciente da nossa capacidade de transformação, transformá-la.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É chegada a hora de revisitar os caminhos que seguimos neste trabalho e vislumbrar o futuro que se abre a partir daqui. Chegamos aqui com mais perguntas do que respostas.

Tínhamos alguns questionamentos logo no início deste projeto de pesquisa; inquietávamo-nos diante do objeto experimental que falhou na produção de sentidos, que falhou por si só como objeto de ensino-aprendizagem de ciências. Perguntávamo-nos: Por que os experimentos não são “auto-evidentes”? Para onde deveríamos olhar, ao analisar este episódio de ensino? Onde estava o problema? Professor? Aluno? Ciência?

Depois desta caminhada somos capazes de afirmar que nenhum objeto é auto-evidente. Podemos, apoiados na perspectiva sócio-cultural-histórica, afirmar que os objetos da cultura humana trazem consigo as complexas relações de produção que os originam e tais relações não estão presentes diretamente nos objetos, de maneira que qualquer sujeito possa deles extraí-las pela contemplação superficial. Somos tentados a acreditar que os objetos possuem vida por si só, são independentes da atividade humana, o que constitui a fetichização do objeto – é preciso desvelar as relações produtivas. Estamos diante da complexidade da atribuição de sentidos ao mundo que nos cerca e da própria produção do mundo como o conhecemos. É o ser humano como sujeito prático, criador e criatura da realidade que o cerca.

Neste sentido, nosso questionamento sobre onde olhar (professor, aluno, ciência) deve ser respondido com: para as complexas relações que se estabelecem entre os envolvidos, de maneira mais próxima, na sala de aula, mas não somente nelas, pois a complexidade se manifesta nos mais diversos níveis hierárquicos da atividade humana – a complexidade vai do macrocosmo da atividade humana global (e histórica) ao microcosmo do momento e do lugar da sala de aula. O problema que nos é apresentado é, ao analisar o microcosmo, jamais perder a conexão com o todo.

Buscamos, assim, entender os processos de formação social dos sujeitos particulares ao se apropriarem da experiência humana objetivada; buscamos também

analisar a natureza dos produtos objetivados pela atividade humana - os conceitos científicos, conceitos cotidianos, toda forma de linguagem... Este é nosso macrocosmo.

A caminho do microcosmo da sala de aula, buscamos compreender quais relações têm sido estabelecidas por meio da experimentação e por quais motivos tal recurso de ensino-aprendizagem não tem produzido tanto frutos quando se acredita. Apoiados, mais uma vez na perspectiva sócio-cultural-histórica, podemos afirmar que os objetos não são compartilhados *a priori* pelos sujeitos na atividade humana. Os diferentes instrumentos que dão acesso aos objetos são os mais distintos e os compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos diante do mundo precisam ser negociados. É importante salientar que tais instrumentos não são independentes da atividade humana, portanto não possuem existência fora dela.

Neste ponto específico nos é suscitado o questionamento de que maneira a atividade educacional é capaz de organizar-se a fim de que se possa negociar instrumentos e objetos, que numa perspectiva sócio-cultural-histórica são instrumentos-objetos. Quais os caminhos para o engajamento dos alunos em uma atividade de experimentação, ou educacional, de maneira geral? Entendemos, que o motivo que estrutura a atividade está relacionado às necessidades que se fazem presentes, porém, de que maneira o ensino de Física pode constituir-se de uma resposta as necessidades dos alunos? O ensino de ciências tem sido na maioria das vezes fundamentalista e dogmático, fazendo com que os alunos apropriem-se acriticamente e alienadamente dos supostos conceitos universais – que possuem validade infinita somente dentro da escola. Como superar a encapsulação da atividade escolar? (ENGESTRÖM, 2002).

Este é o questionamento que fica aberto e que nos servirá de direcionamento nos estudos futuros, apoiados na Teoria da Atividade e na perspectiva educacional de Paulo Freire. Entendemos que as aproximações entre as duas perspectivas nos será fundamental para a compreensão da dinâmica de construção e desconstrução da atividade humana, sobretudo, com implicações educacionais.

Ao final do capítulo 5 deste trabalho, acreditamos ter sugerido caminhos para se pensar e repensar continuamente as atividades experimentais, sempre inseridos em

uma perspectiva educacional mais ampla, com objetivos maiores. Porém, diante da complexidade do processo de ensino-aprendizagem de ciências, sobretudo por meio de atividades experimentais, outros questionamentos se fizeram presentes:

Onde temos falhado na formação de professores? É possível formar professores na perspectiva da Teoria da Atividade? Como deve ser esta formação? E por fim, como propor atividades educacionais na perspectiva da Teoria da Atividade?

Chegamos aqui conscientes de críticas que nos tem sido feitas e que dizem respeito não somente a este trabalho, mas também ao referencial no qual estamos apoiados. Críticas de que a Teoria da Atividade é explicativa e não preditiva, que não se pode fazer coisas com ela. Entendemos que ainda estamos no processo de inserção na realidade que nos é aberta quando olhamos o mundo pela perspectiva sócio-cultural-histórica; o passo adiante, naturalmente e dialeticamente, é a transformação praxica da educação por meio desta perspectiva. Repetimos, nossa inserção se dá pela práxis e não pelo pragmatismo imediatista. E, neste sentido, estamos com Freire:

“De teoria, na verdade, precisamos nós. De teoria que implica uma inserção na realidade, num contato analítico com o existente, para comprová-lo, para vivê-lo e vivê-lo plenamente, praticamente. Neste sentido é que teorizar é contemplar. Não no sentido distorcido que lhe damos, de oposição à realidade.” (FREIRE, 1979, p. 93).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. 5ª Ed, Martins Fontes, São Paulo, 2007.
- ABRAHAMS, I., MILLAR, R. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 14, 2008
- ABRANTES, A. A.; MARTINS, L. M. A produção do conhecimento científico: relação sujeito-objeto e desenvolvimento do pensamento. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 11, n. 22, maio/ago 2007.
- AFRA, N. C.; OSTA, I.; ZOUBEIR, W. Students' Alternative Conceptions about Electricity and Effect of Inquiry-Based Teaching Strategies. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.7, n.1, p.103-132, 2009
- ALLIE, S.; BUFFLER, A.; LUBBEN, F.; CAMPBELL, B. First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements, **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 4, 1998.
- AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo: Scipioni, 1995.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, 2003.
- ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, R. **Questões atuais no ensino de ciências**. Escrituras Editora, São Paulo, 1998.
- ARRUDA, S.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório Didático de Física a partir de uma Perspectiva Kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.6(1), pp.97-106, 2001.
- ARRUDA, S.M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. 11(2), 88-99, 1994.
- BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- _____. **Marxismo e Filosofia da linguagem**. São Paulo, Editora Hucitec, 2006.
- BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 105-122, abr. 1999.
- BARROS, P. R. P., HOSOUME, Y. Um olhar sobre as atividades experimentais nos livros didáticos de Física, **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, 2002.
- BRASIL **Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.

- BRASIL **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília, 2002.
- BRYAN, J. A.; STUESSY, C. The "Brightness Rules" Alternative Conception for Light Bulb Circuits. **Physics Education**, v.41, n. 6, p.522-531, 2006.
- BUFFLER, A.; ALLIE, S.; LUBBEN, F.; CAMPBELL, B. The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms. **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 11, 2001.
- BUFFLER, A.; LUBBEN, F.; IBRAHIM, B. The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 9, 2009.
- BUNGE, M. **Teoria e realidade**. Perspectiva, São Paulo, 2008.
- BAKHTIN, Mikhail (Voloshinov). **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. São Paulo, Hucitec, 2006.
- CAMILLO, J.; MATTOS, C. R. Nova Luz sobre Velhos Problemas: Atividades Experimentais numa Perspectiva Cultural-Histórica. **XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Águas de Lindóia, 2010.
- CHINN, C. A.; BREWER, W. F. The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. **Review Of Educational Research**, v. 63, v. 1, jan/1993.
- CHINN, C. A., & MALHOTRA, B. A. Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? **Journal of Educational Psychology**, 19, 327-343, 2002.
- DANIELS, H. *Introdução: a psicologia num mundo social*. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002.
- DALRI, J. **A dimensão axiológica do perfil conceitual**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2010.
- DALRI, J., RODRIGUES, A. M., MATTOS, C. R. A atividade de aprendizagem, a internalização e a formação de conceitos no ensino de física. In: **XVII SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2007, São Luis.
- DREYFUS, A. Manipulating and diversifying the levels of difficulty and task-sophistication of one and the same laboratory exercise, **International Journal of Science Education**, 8:1, 1996.
- DUARTE, N. **A individualidade para si**. Campinas: Autores Associados, 1993.
- DUARTE, N. **Sociedade do conhecimento ou sociedade das ilusões?: quatro ensaios crítico-dialéticos em filosofia da educação**. Campinas: Autores Associados, 2003.
- DUARTE, N. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev. **Caderno CEDES**, Campinas, v. 24, n. 62, 2004.
- DUARTE, N. **Educação escolar, teoria do cotidiano e a escola de Vygotsky**. São Paulo, Autores Associados, 2007.

- DUROSIOI, E.; ROUSSEL, A. **Dicionário de Filosofia**. Papirus Editora, Campinas – SP, 2005.
- ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki, Orienta-Konsultit, 1987.
- _____. Developmental work research as educational research, **Nordisk Pedagogik: Journal of Nordic Educational Research**, 16(5), 1996.
- _____. Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, 14, 2001.
- _____. Non scolae sed vitae discimus: Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H.(org). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo, Edições Loyola, 2002.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1977.
- FITAS, A. J. S. Mach: O positivismo e as reformulações da mecânica no séc. XIX. **Actas do 3º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência Universidade de Évora**, p. 115-134, 1998.
- FLECK, L. **Genesis and Development of a Scientific Fact**. Chicago & London: Chicago University Press, 1979.
- FRANKLIN, A. "Experiment in Physics", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2010 Edition)**, Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/spr2010/entries/physics-experiment/>>.
- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1979.
- _____. **À sombra desta mangueira**. São Paulo: Olho d'Água, 1995.
- _____. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro:Paz e Terra, 2000.
- _____. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro:Paz e Terra, 2005.
- GALILI, I.; BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? **International Journal of Science Education**, 14(1): 63-81, 1992.
- GIL PÉREZ, D.; MONTORO, F. I.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**,v.7, n.2, p. 125-153, 2001.
- GRAYSON, D. J. Concept substitution: A teaching strategy for helping students disentangle related physics concepts. **American Journal of Physics**, 72 (8), 1126 – 1133, 2004
- HALLIDAY et al. **Fundamentos de física 4: Óptica e física moderna**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, V.4, 2001.
- HEDEGAARD, M. A zona de desenvolvimento proximal como base para o ensino. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002.
- HELLER, A. **O cotidiano e a história**, São Paulo: Paz e Terra, 2008.

- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**, New York, 12: 25-57, 1985.
- _____. Hacia un enfoque mas critico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- _____. Taking practical work beyond the laboratory. Guest Editorial, **International Journal of Science Education**, 20(6), pp. 629–632, 1998.
- _____. Research on practical work in school and universities: In pursuit of better questions and better methods. **Proceedings of the 6th European Conference on Research in Chemical Education**, University of Aveiro, Portugal, 2001.
- HODSON, D.; BENCZE, L. Becoming critical about practical work: changing views and changing practice through action research', **International Journal of Science Education**, 20: 6, 683 — 694, 1998.
- HOFSTEIN, A., LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, vol. 88, Issue 1, 2003.
- HWANG, S. W.; ROTH, W. M. From designing artifacts to learning science: A dialectical perspective. **Cultural Studies of Science Education**, 1, 423-450, 2007.
- KANG, N., WALLACE, C. S. Secondary Science Teachers' Use of Laboratory Activities: Linking Epistemological Beliefs, Goals, and Practices. **Science Teacher Education**, 89(1), 2005.
- KANT, I. Crítica da Razão Pura, 1781. [Disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cv000016.pdf>].
- KEMPA, R. F.; DIAZ, M. Motivational traits and preferences for different instructional modes in science. **International Journal of Science Education**, 12, 195–203, 1990.
- KOPNIN, P.V. **A Dialética como Lógica e Teoria do Conhecimento**. Rio de Janeiro. Editora Civilização Brasileira, 1978.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 7.^a ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- LABURU, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, 2003 .
- LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. Problemas com a compreensão de estudantes em medição: razões para a formação do paradigma pontual. **Investigações em Ensino de Ciências**, V14(2), pp. 151-162, 2009.
- LARROSA, J. Notas sobre experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, n. 19, São Paulo, 2002.
- LARROSA, J. La experiencia y sus lenguajes. Algunas notas sobre la experiencia y sus lenguajes. **Conferencia: La experiencia y sus lenguajes**. Disponível em [http://www.me.gov.ar/curriform/publica/oei_20031128/ponencia_larrosa.pdf], 2003.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Relume Dumará, Rio de Janeiro, 1997.

- LAVE, J.; WENGER, E. Prática, pessoa, mundo social. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002.
- LEACH, J. Students` understanding of the co-ordination of theory and evidence in science, **International Journal of Science Education**, 21, 8, 1999.
- LEE, Y.; LAW, N. W. Y. Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. **International Journal of Science Education**, 2001, v. 23 n. 2, p. 111-149.
- LÊNIN, V. I. **Materialismo e empirocriticismo**. Lisboa, Avante, 1982.
- LEONTIEV, A. N. **Activity, consciousness and personality**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978.
- LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. São Paulo: Centauro Editora, 2004.
- LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 27, 2004.
- LIMÓN, M. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: critical appraisal. **Learning and Instruction**, 11, 357–380, 2001.
- MARQUES, G. C.; BECHARA, M. J. **Galileu e o nascimento da ciência moderna**. Disponível em [<http://efisica.if.usp.br/mecanica/curioso/historia/galileu/>].
- MARX, K. **O Capital: crítica da economia política**. Volume I, São Paulo, Abril Cultural, 1983.
- MARX, K. **Introdução à crítica da economia política**. São Paulo: Nova Cultural, 2000.
- MARX, K.; ENGELS, F. **A Ideologia Alemã**. Editora Martin Claret, São Paulo, 2005.
- MAGALHÃES, M. C. C. O método para Vygotsky: A Zona de Desenvolvimento como zona de colaboração e criticidade criativa. In: Damianovic, M.C., Hawi, M.M., Schettini, R. & Szundy, P. (orgs). **Vygotsky: uma revisita no início do século XXI**, 2009.
- MATTOS, C. R.; FIEDLER-FERRARA, N. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: **VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2002, Águas de Lindóia.
- MATTOS, C. R.; DALRI, J. ; RODRIGUES, A. M. Internalization and activity: learning as complex system dynamic. In: International Society for Cultural and Activity Research Congress, 2008, San Diego. **ISCAR 2008 Book of Abstracts**. San Diego : UCSD University, v. 1. p. 126, 2008.
- MILLAR, R.; Le MARÉCHAL, J.F.; TIBERGHIE, A. **A Map of the Variety of Labwork. Labwork in Science Education (LSE) Project**. Working Paper 1. European Commission TSER Programme Project, 1998.
- MILLAR, R.; Le MARÉCHAL, J.-F.; TIBERGHIE, A. *‘Mapping’ the domain: Varieties of practical work*. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), **Practical work in science education—Recent research studies**. Roskilde/Dordrecht, The Netherlands: Roskilde University Press/Kluwer, 1999.

- MORA, J. F. **Dicionário de Filosofia** / Tomo II (E – J), 2ª Ed., Edições Loyola, São Paulo, 2005.
- MORTIMER, E.F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, p. 267-285, 1995.
- MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, 7(3): 1-24, 2002.
- NEWMAN, F.; HOLZMAN, L. **Lev Vygotsky: cientista revolucionário**. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002.
- NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P.; RAMALHO JR., F.; IVAN, J. **Os Fundamentos da Física 1 – Mecânica**, São Paulo: Moderna, 1998.
- NOTT, M.; WELLINGTON, J. When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science, **International Journal of Science Education**, 18: 7, 1996.
- NOTT, M.; WELLINGTON, J. Using critical incidents in the science laboratory to teach and learn about the nature of science in schools in: AMOS, S.; BOOHAN, R. (ed.) **Aspects of Teaching Secondary Science: Perspectives in Practice**: Routledge Falmer, 2002.
- OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p.184-196, dez/1996.
- PAZELLO, F. P. **O Conceito de Generalização a partir de um Olhar Dialético-Complexo sobre o Modelo de Perfil Conceitual**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2011.
- PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. 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, nº 1, 2009.
- PINO, A. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, ano XXI, nº 71, 2000.
- POPPER, Karl R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Cultrix, 1972.
- RODRIGUES, A. M. **Redimensionando a noção de aprendizagem nas relações entre perfil conceitual e contexto: uma abordagem sócio-cultural-histórica**. Dissertação de mestrado. Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2009.
- RODRIGUES, A. M.; MATTOS, C. R. A noção de contexto no ensino de ciências. In: XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2006, Zaragoza. **Actas del XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales**. Zaragoza : Universidad de Zaragoza, 2006. p. 1-8.
- RODRIGUES, A. M. & MATTOS, C. R. Reflexões sobre a noção de significado em contexto. Indivisa, **Boletín de Estudios e Investigación**, 7, p. 323-33, 2007.

- ROMMETVEIT, R. On the Architecture of Intersubjectivity. In: Rommetveit, R. and Blakar, R. M. (Eds.) **Studies of Language Thought and Verbal Communication**. London: Academic Press, 1979.
- ROSSLER, J. H. O desenvolvimento do psiquismo na vida cotidiana: aproximações entre a psicologia de Aléxis N. Leontiev e a Teoria da Vida Cotidiana de Agnes Heller. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 24, n. 62, p. 100-116, abr. 2004.
- ROTH, W. M. **Doing qualitative research: Praxis of method**. London: Sense Publishers, 2005.
- SILVA, D. N. **Física - Série Novo Ensino Médio**. São Paulo: Ática, 2007.
- SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 26-52, 2006
- SCRUTON, R. **A Short History of Modern Philosophy: From Descartes to Wittgenstein**. Taylor & Francis e-Library, 2002. ISBN 0-203-19886-7 (Adobe eReader Format)
- STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY (SEP). [Disponível em: <http://plato.stanford.edu/>]
- VÁZQUEZ, A. S. **Filosofia da práxis**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.
- VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 169–181, 2001.
- VILLANI, A.; ORQUIZA DE CARVALHO, L. Conflitos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didacticas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 13, n. 5, p. 279-294, 1995.
- VIGOTSKI, L. S. O significado histórico da crise da psicologia. In L. S. Vigotski. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Martins Fontes. 1927/1996.
- VIGOTSKI, L. S. Manuscrito de 1929. **Educação e Sociedade**, 71, pp. 21-44, 2000.
- _____. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- _____. **A formação social da mente**. São Paulo, Editora Martins Fontes, 2007.
- WELLS, G. Learning to Use Scientific Concepts. **Cultural Studies of Science Education**, 3, 239-350, 2008.
- WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind**. London: Havard University Press. 1985.
- WERTSCH, J. V.; TULVISTE, P. L. S. Vygotsky e a psicologia evolutiva contemporânea. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002.

8. ANEXOS

Anexo 1: Os objetivos da atividade experimental - WELZEL et al (1998)

As grandes categorias:

Objetivos para as atividades práticas são

- (A) para o aluno relacionar teoria e prática,
- (B) para o aluno a aprender habilidades experimentais,
- (C) para que o aluno conheça os métodos de pensamento científico,
- (D) para o aluno a promover a motivação, desenvolvimento pessoal, social e competência
- (E) para o professor avaliar o conhecimento dos alunos.

As subcategorias:

A Para o aluno relacionar teoria e prática

A1 para facilitar a compreensão da teoria

A2 para verificar as leis científicas

A3 para a produção de (certos) fenômenos

A4 para fazer o melhor entendimento da teoria com a prática

A5 para ilustrar os fenômenos para os estudantes

A6 explicitar métodos experimentais específicas para temas específicos (conteúdo)

A7 para observar e experimentar para uso futuro no desenvolvimento da teoria

A8 para aprofundar o exemplo de uma abordagem sistemática assunto

A9 a introduzir a notação e termos técnicos

A10 para resolver os problemas que surgem a partir de um experimento

A11 para demonstrar aplicações técnicas

A12 para ajudar a lembrar de fatos e princípios

B para o aluno a aprender experimental

B1 para adquirir experiência em técnicas e procedimentos normalizados

B2 para aprender um método que utiliza um exemplo

B3 para aprender e praticar como escrever um relatório do laboratório

B4 para aprender a fazer observações cuidadosas

B5 para aprender a trabalhar de forma adequada e segura

B6 para lidar com erros experimentais

C para que o aluno conheça os métodos de pensamento científico

C1 conheça a abordagem científica

C2 para aprender o pensamento científico

C3 para desenvolver habilidades de planejamento e experimentação, em geral, nas ciências

C4 para desenvolver uma abordagem crítica da interpretação dos dados

C5 para aprender e lidar com a ciência como redes complexas
C6 para conhecer os métodos epistemológicos
C7 conhecer como os cientistas trabalham profissionalmente
C8 aprender a lidar com dificuldades de equipamentos em geral

D para o aluno a promover a motivação, desenvolvimento pessoal, competência social
D1 para desenvolver o interesse
D2 para apreciar assunto e atividade
D3 para desenvolver as competências gerais de comunicação e interação
D4 para o professor para dar e para o aluno obter motivação
D5 para aprender a trabalhar em equipe
D6 para desenvolver a consciência do meio ambiente, responsabilidade, tolerância (a ética na ciência)

E para o professor avaliar o conhecimento dos alunos
E1 para o professor avaliar o conhecimento dos alunos

Anexo 2: Questionário do professor de Física da turma de primeiro ano do ensino médio.

1) Qual sua principal intenção com a aplicação desta sequência de aulas?

Queria desenvolver nos alunos uma semântica que desse sustentação ao aprendizado de relações matemáticas e modelos da Física. A Física deveria aparecer para eles como uma forma de representação do Mundo que articula signos e linguagens na produção de modelos. Com isso, acredito quebrar os automatismos dos alunos nas tarefas de resolução de problemas e estimulá-los a ver as fórmulas como uma expressão de relações entre fenômenos.

2) Buscando na memória, o que você acha que foi o maior sucesso da aula?

Creio que houve alguns momentos em que percebi os alunos envolvidos com a exploração do fenômeno, defendendo hipóteses e questionando-se de maneira muito envolvida. Eles passaram a se expressar utilizando certas formas de expressão produzidas no contexto das aulas: "isso é uma caixa preta, mas eu acho que dentro existe uma bobina", da Letícia referindo-se a um gerador; "Quer dizer que com o pêndulo eu posso medir a gravidade em qualquer lugar? Que loco" Leonardo.

3) Qual você acredita ter sido o maior fracasso de toda a sequência de aulas?

Maior fracasso foram alguns alunos se dizerem perdidos quando tentava relacionar os gráficos das famílias de funções com os dados experimentais e gráficos deles.

4) O que você mudaria para uma próxima aplicação?

Incluiria uma aula a mais após o laboratório para discussão e tratamentos dos dados. Gostaria que eles tivessem mais tempo para manipular o Excel, graficar e tratar as funções.

5) Qual você acredita ter sido a maior dificuldade dos alunos?

Alguns momentos da montagem do aparato experimental se revelaram difíceis para os alunos. Mesmo assim, os resultados foram bem satisfatórios. Eu tentei situá-

los em cada etapa do módulo dentro de uma perspectiva mais ampla: representar fenômenos da natureza por meio de desenhos, palavras, imagens, números, gráficos e funções. Mas, às vezes, certos alunos perdiam essa perspectiva e se questionavam sobre a necessidade de se aprofundarem em algum conteúdo específico. ("A gente tem de decorar essa fórmula", "Mas esses gráficos são muito difíceis, a gente não aprendeu").

6) Se você tivesse o dobro do tempo para realizar a mesma seqüência, como você faria, o que colocaria e o que tiraria?

Além do que disse na questão 4 - incluiria uma aula de finalização utilizado e manipulando a equação do pêndulo.

7) Você está satisfeito com a aplicação da atividade? Comente um pouco.

Como disse na questão 2, fiquei feliz em ver os alunos se apropriando de certas formas de expressão e utilizá-las nas aulas seguintes.

8) Você acredita que os alunos ficaram satisfeitos com a seqüência?

Eles reclamaram um pouco da quantidade de trabalhos, questionários e atividades

solicitados, ainda mais num momento pré-férias em que os professores estavam ministrando uma série de provas e avaliações. Em virtude disso, houve atrasos na entrega dos trabalhos que eu solicitei.

9) Dê uma nota para o seu desempenho nesta aplicação e justifique essa nota.

Eu me darei 9 por que, nessa primeira experiência, achei que a finalização da atividade ficou um pouco apressada. Mas foi muito motivadora para mim, por ver os resultados e pelas férteis interações.

Anexo 3**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa relacionado a disciplina de Práticas de Ensino de Física que tem como pesquisador responsável o Professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Cristiano Rodrigues de Mattos, que pode ser contatado pelo e-mail mattos@if.usp.br ou telefone 3091-7077.

O presente trabalho tem por objetivos:

Compreender o papel do estágio na formação do professor de física e entender melhor a reorganização e desenvolvimento da disciplina de Práticas de Ensino de Física.

Compreendo que este estudo possui finalidade de pesquisa, que os dados obtidos, como vídeo, sons e imagens, serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, com a preservação do anonimato dos participantes, assegurando, assim minha privacidade. Sei que posso abandonar a minha participação na pesquisa quando quiser e que não receberei nenhum pagamento por esta participação.

Nome e Assinatura

Local e data.