**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

ANA PAULA SOLINO BASTOS

**Potenciais Problemas Significadores em aulas
investigativas: contribuições da perspectiva histórico-
cultural**

**São Paulo
2017**

ANA PAULA SOLINO BASTOS

**Potenciais Problemas Significadores em aulas
investigativas: contribuições da perspectiva histórico-
cultural**

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron

**São Paulo
2017**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

-
- 375.2
B327p Bastos, Ana Paula Solino
Potenciais Problemas Significadores em aulas investigativas:
contribuições da perspectiva histórico-cultural / Ana Paula Solino Bastos;
orientação Lúcia Helena Sasseron. São Paulo: s. n., 2017.
220 p.; ils.; apêndices
- Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área
de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de
Educação da Universidade de São Paulo.
1. Problema 2. Ensino por investigação 3. Perspectiva histórico-
cultural 4. Significação 5. Ensino de ciências 6. Ensino fundamental
I. Sasseron, Lúcia Helena, orient.
-

Nome: BASTOS, Ana Paula Solino

Título: Potenciais Problemas Significadores em aulas investigativas:
contribuições da perspectiva histórico-cultural

Tese apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutora em Educação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, João Paulo Bastos (in memoriam)

À minha querida Mãe, fonte inspiradora deste trabalho

Ao meu irmão e sobrinhos amados

Aos meus avós maternos

Ao meu companheiro, Alan Sampaio, pelo amor e apoio incondicional

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos aqueles que oraram pela concretização e sucesso desse projeto profissional. Sou grata a toda minha família, parentes e amigos pelo apoio, carinho, incentivo e por não terem me deixado desistir em nenhum momento (mesmo quando a saudade apertava).

Agradeço a Alan, meu companheiro, que sempre esteve ao meu lado desde o dia em que decidi ingressar à carreira acadêmica. Sou grata a tudo que fez e faz por mim. O seu amor, simplicidade e discernimento sempre foram essenciais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram e me acolheram na imensa cidade de São Paulo, nos momentos de aperto e de adaptação. Sou grata especialmente a toda família Nida e à família Diva pelo carinho e apoio e grata também à Daniele Ferreira por ter sido a primeira pessoa a me acolher em sampa e ter me ensinado a andar de metrô.

Agradeço à Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho (USP) por toda ajuda financeira concedida por meio da bolsa de doutorado (FUSP) e por todo carinho (de vó acadêmica) que a senhora teve por mim durante esse tempo. Certamente sentirei falta dos nossos gostosos bate-papos e cafezinhos na varanda da sua casa, bem como das valiosas contribuições profissionais, ao compartilhar suas experiências sobre ensino e aprendizagem em ciências.

Agradeço à Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron (USP) pelo profissionalismo, dedicação e competência como orientadora deste trabalho. Além disso, sou muito grata pela sua amizade, apoio e carinho durante esses anos e por ter me proporcionado oportunidades e experiências profissionais grandiosas e inesquecíveis. Jamais esquecerei das nossas gostosas conversas movidas a cafés e vinhos.

Agradeço a toda banca (de qualificação e defesa) por ter aceitado o convite de avaliar este trabalho e pelas contribuições, críticas e sugestões.

Agradeço ao meu grupo “Pupilos da Lúcia”, pela troca de conhecimentos, pelas experiências, pelas diversidades de opiniões e críticas, pelos deliciosos lanches e por toda interação, união e envolvimento enquanto grupo. Obrigada pela amizade, Arthur Ferraz, Tadeu Sousa, Leandro Saca, Leandro Montalvão, Mayara Palmieri, Letícia Zago, Luciana Nascimento, Raquel Valois, Renato Balarini, Ariadne Vilaca.

Agradeço a oportunidade de ter feito parte da equipe grandiosa do LaPEF. Sou muito grata ao grupo da Profa. Dra. Maria Lúcia Abib, por ter me deixado frequentar as reuniões e pela oportunidade de aprender um pouco mais sobre a formação de professores.

Agradeço a todos os amigos que conquistei aqui na USP que tornaram os meus dias mais alegres. Sentirei muitas saudades dos encontros movidos a risadas e cafés, com Kekel, Nicoli, Bia, João, Tiago, Samu, Almir, Kellys, Arthur, Jana, Yadrán, Ivanilda. Sentirei saudades também dos amigos que ganhei fora da USP: Katinha, Diva, Tati, Everton.

Gostaria de fazer um agradecimento especial à Bia e toda sua família, por todo carinho e apoio que tiveram por mim durante esse tempo. Jamais esquecerei o acolhimento e o amor de vocês.

Agradeço ao Prof. Dr. Manoel Oriosvaldo (Ori) pelo carinho e pelos valorosos ensinamentos sobre a perspectiva histórico-cultural.

Agradeço aos professores que acompanharam e fizeram parte da minha trajetória acadêmica, me incentivando a dedicar-me à pesquisa, desde a minha graduação em pedagogia até os dias atuais. Sem eles, certamente, eu não estaria aqui. Agradecimentos especiais ao Prof. Adelson Ferreira (UNEB); Prof. Wagner Duarte (UESB); Profa. Simoni Gehlen (UESC); Profa. Lúcia Helena Sasseron (USP) e Profa. Anna Maria Pessoa de Carvalho (USP). Este trabalho é fruto do apoio e incentivo profissional de vocês.

Agradeço a todos os membros do grupo de estudos GEATEC (UESC) por acreditarem no meu trabalho e por todo apoio e torcida.

Não poderia deixar de agradecer ao meu gato (Poki) pela intensa companhia durante os meus longos estudos em casa e por ter me proporcionado carinho, tornando este trabalho mais leve e prazeroso nos momentos de tensão.

Agradeço à FUSP por todo apoio financeiro.

RESUMO

BASTOS, A. P. S. **Potenciais Problemas Significadores em aulas investigativas:** contribuições da perspectiva histórico-cultural. 2017. 220f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Nesta pesquisa buscamos investigar o movimento de significação de problemas na Abordagem Didática do Ensino por Investigação a partir das contribuições da perspectiva histórico-cultural. Metodologicamente, o trabalho foi organizado em duas etapas: a primeira compreende as discussões teóricas vygotskianas sobre a noção de problema pautada na humanização, com foco no processo de significação na dimensão pedagógica. Nessa perspectiva, identificamos e discutimos alguns elementos que podem ajudar a potencializar o processo de significação de problemas mediadores de segunda ordem, isto é, problemas conceituais, cujo critério de seleção pauta-se em temas ou conteúdos de ciências. Esses elementos foram denominados de *elementos significadores*, quais sejam: necessidades, contradições, colaborações e imaginações. A partir dessas discussões, buscamos analisar a noção de problema no ensino por investigação, bem como seu papel e função nas Sequências de Ensino Investigativas (SEI). Constatamos duas noções de problemas nesta abordagem de ensino, as quais estão situadas na perspectiva da Alfabetização Científica, quais sejam: os *problemas didáticos* que são elaborados previamente pelo professor para serem trabalhados em sala de aula, cujo critério de seleção é conceitual e os *novos problemas* que surgem no decorrer da implementação da atividade, isto é, emergem das interações entre aluno-aluno e aluno-professor. A segunda etapa da pesquisa foi compreendida pela análise qualitativa de uma aula investigativa de ciências, integrada a uma Sequência de Ensino Investigativa, denominada Navegação e Meio Ambiente, realizada com alunos do 3º ano do ensino fundamental de uma escola municipal de São Paulo-SP. Dentre os resultados empíricos, destacamos que o movimento de significação do problema didático ocorreu em três grandes momentos: o primeiro foi marcado pela transformação da função mediadora do PD em objeto de conhecimento, tornando-se o motivo da atividade. O segundo momento foi marcado pelas tensões vivenciadas pelos estudantes e pela professora ao enfrentar o problema didático. Neste momento, diferentes sentidos sobre o PD foram atribuídos pelos alunos, assim como diferentes PPS emergiram da relação de enfrentamento ao problema didático, mediando e potencializando o processo de significação do PD. O terceiro e último momento de significação do PD foi marcado pela sua resolução a partir da estratégia de simulação do PD utilizada pela professora. Com base nos resultados teórico-empíricos, defendemos a tese de que os problemas didáticos comumente abordados em propostas norteadas pelos princípios do ensino por investigação podem apresentar aspectos que envolvem a humanização do ponto de vista de Vygotsky, a partir da relação estabelecida com os elementos significadores: necessidades, contradições, colaborações e imaginações, manifestadas nos PPS. Os problemas didáticos, portanto, podem ser qualificados como problemas conceituais significativos, próximos de uma prática social significativa para os alunos investigarem, desde que diferentes PPS emergjam das tensões vivenciadas em sala de aula, provocadas pelos diferentes sentidos atribuídos pelos sujeitos ao problema em estudo.

Palavras-chaves: Problema. Ensino por Investigação. Perspectiva Histórico-Cultural. Significação. Ensino de Ciências. Ensino Fundamental.

ABSTRACT

BASTOS, A. P. S. **Potential Signifying Problems in investigative classes: contributions from the cultural-historical perspective.** 2017. 220f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

In this research, we aimed to investigate the movement of problem significations in the Didactic Approach of Research Teaching from the contributions of the cultural-historical perspective. Methodologically, our work was organized in two stages: the first one comprises the Vygotskian theoretical discussions about the notion of problem based on humanization, focusing on the process of signification in the pedagogical dimension. From this perspective, we identified and discussed some elements that may help potentializing the signification process of second order mediating problems, that is, conceptual problems, whose selection criterion is related to sciences' themes or contents. These elements have been denominated *signifying elements*, namely: needs, contradictions, collaborations and imaginations. From these discussions, we seek to analyze the notion of problem in teaching by investigation, as well as its role and function in the Sequences of Investigative Teaching. We found two notions of problems in this teaching approach, situated in the perspective of Scientific Literacy, which are: the *didactic problems*, that are elaborated previously by the teacher to be implemented in the classroom, whose selection criterion is conceptual and the *new problems*, that arise during the activity's implementation, that is, emerge from the interactions student-student and student-teacher. The second stage of the research consisted in the qualitative analysis of a sciences' research class, integrated to an Investigative Teaching Sequence, called Navigation and Environment, carried out with 3rd year elementary school students of a municipal school of São Paulo, Brazil. Among the empirical results, we highlight that the movement of signification of the didactic problem occurred in three great moments: the first was marked by the transformation of the mediating function of the DP into object of knowledge, becoming the motive of the activity. The second moment was marked by the tensions experienced by the students and the teacher in facing the didactic problem. At this point, different senses of the DP were attributed by the students, just as different PSP emerged from the relation in coping with the didactic problem, mediating and potentializing the DP's signification process. The third and last moment of signification of the DP was marked by its resolution based on the DP's simulation strategy used by the teacher. Based on the theoretical-empirical results, we defend the thesis that the Didactic Problems commonly addressed in proposals guided by the principles of research teaching can present aspects that involve humanization from Vygotsky's point of view, from the relation established with the signifying elements: needs, contradictions, collaborations and imaginations, manifested in the PSP. The Didactic Problems, therefore, can be qualified as signifying conceptual problems, close to a significant social practice for the students to investigate, since different PSP emerge from the tensions experienced in the classroom, provoked by the different senses attributed by the subjects to the problem under study.

Keywords: Problem. Research Teaching. Cultural-Historical Perspective. Signification. Science teaching. Elementary School.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
Delineamento da problemática da pesquisa e estrutura da tese.....	11
 CAPÍTULO 1 – O PROBLEMA COMO COMPONENTE NECESSÁRIO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	16
1.1.O problema como gênese da atividade humana.....	16
1.2.Alguns usos de problemas no Ensino de Ciências	19
1.3.Alfabetização Científica e Práticas Epistêmicas.....	23
1.3.1 Abordagem Didática do Ensino por Investigação: o desenvolvimento das práticas epistêmicas e a importância do problema.....	28
 CAPÍTULO 2: DIMENSÃO PEDAGÓGICA DO PROBLEMA EM VYGOTSKY E SEUS ELEMENTOS SIGNIFICADORES: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	36
2.1. O pensamento vygotskyano na abordagem de problemas no ensino de ciências.....	36
2.2 O conceito de mediação na atividade humana	40
2.2.1 Compreendendo as relações entre Mediação e Problema	44
2.2.2 Ordens de Problemas Mediadores no contexto educativo	48
2.3 A aprendizagem e desenvolvimento das Funções Psíquicas Superiores no processo de enfrentamento/solução de problemas.....	51
2.4. O processo de significação e suas interfaces com o enfrentamento/solução de problemas em aulas de ciências.....	57
2.4.1 Generalização das palavras e suas relações com os significados e sentidos.....	59
2.5 Elementos significadores de problemas em aulas de Ciências.....	64
2.5.1 Necessidade.....	65
2.5.2 Contradição.....	67
2.5.3 Colaboração.....	71
2.5.4 Imaginação/Criatividade.....	73
2.6 À guisa de síntese.....	76
 CAPÍTULO 3: ESTUDO DO PROBLEMA NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: CONSTRUINDO SUBSÍDIOS TEÓRICOS PARA ANÁLISE DA SIGNIFICAÇÃO.....	78
3.1 Noção de Problema na Abordagem Didática do Ensino de Ciências por Investigação.....	78
3.1.1 Situando a noção de problema na perspectiva da Alfabetização Científica.....	81
3.2 Dimensão Epistemológica e Pedagógica do Problema e suas relações com Vygotsky.....	85
3.2.1 Dimensão Epistemológica do Problema.....	85
3.2.2 Dimensão Pedagógica do Problema.....	89
3.3 Elaboração de Problemas Didáticos na Abordagem Didática do Ensino de Ciências por Investigação.....	94
3.3.1 Critério de Seleção.....	94
3.3.2 Tipos de Problema.....	94
3.3.3 Graus de Abertura.....	96

3.4 Problemas Didáticos na estruturação e na implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEI).....	98
3.4.1 Problema Didático (PD) na estruturação da SEI.....	99
3.4.2 Problema Didático (PD) na implementação da SEI.....	103
3.5 Surgimento de Novos Problemas e suas relações com a significação do PD.....	106
3.5.1 Indícios de Elementos Significadores na Abordagem Didática do Ensino por Investigação.....	110
3.5.1.1 Necessidade.....	111
3.5.1.2 Contradição.....	112
3.5.1.3 Colaboração.....	115
3.5.1.4 Imaginação.....	118
3.6 Potenciais Problemas Significadores (PPS) como ferramenta pedagógica e analítica para investigar o processo de significação do PD em atividades investigativas.....	120
 CAPÍTULO 4: ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA....	124
4.1 Direcionamentos metodológicos.....	124
4.1.2 O objeto de investigação	125
4.1.3 A pesquisa como Estudo de Caso e aproximações com a análise microgenética....	127
4.1.4 A videogravação como instrumento de obtenção/construção dos dados.....	129
4.1.5 Episódios e transcrições.....	131
4.2 Contexto da Pesquisa.....	133
4.2.1 Constituição dos dados.....	135
4.3 Procedimentos de análise	136
 CAPÍTULO 5: ANÁLISE DO PROCESSO DE SIGNIFICAÇÃO DO PROBLEMA DIDÁTICO EM UMA AULA INVESTIGATIVA DE CIÊNCIAS...	139
5.1 Conhecendo a SEI Navegação e Ambiente	139
5.2 Análise da Atividade 1: Desafio da Travessia do Rio	141
5.2.1 Episódio 1: Apresentando o Problema Didático (PD)	143
5.2.2 Episódio 2: Enfrentando o Problema Didático (PD): tensões entre a lógica cotidiana e a lógica científica	145
5.2.3 Episódio 3: Resolvendo o Problema Didático (PD): a simulação	168
5.3. Discutindo os Dados.....	177
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	183
Referências.....	189
Apêndice A – Mapa de categorização dos dados com transcrição completa.....	202

INTRODUÇÃO

Delineamento da problemática da pesquisa e estrutura da Tese

Estudos na área de ensino de ciências têm destacado o problema como elemento fundamental das atividades didático-pedagógicas (GIL *et al.*, 1992; CARVALHO *et al.*, 1998; 2011; 2013; AZEVEDO, 2004; DELIZOICOV, 2005; GEHLEN, 2009; SOLINO, 2013). Sua importância para o processo de ensino e aprendizagem tem ganhado notoriedade desde o século passado, quando psicólogos, historiadores e filósofos da ciência apontaram que a proposição e resolução de problemas eram elementos essenciais na produção e apropriação de conhecimentos científicos (CLEMENT, 2013).

Boa parte dos pesquisadores da área de ensino de ciências tem defendido o uso de problemas nas aulas de ciências como um elemento importante para a formação do pensamento científico dos estudantes (GIL *et al.*, 1992; MORTIMER; SCOTT, 2002; VASCONCELLOS *et al.*, 2007; OLIVEIRA, 2010), sendo que a natureza dos problemas comumente defendidos por eles é aquela referente a uma dimensão conceitual, cujos problemas são atrelados à conteúdos e/ou temas de ciências.

Todavia, pesquisas vinculadas a uma abordagem progressista de educação têm chamado atenção para a necessidade de propor problemas de natureza social, que sejam reais e significativos para os alunos investigarem, uma vez que isso possibilita potencializar o envolvimento e desenvolvimento psíquico dos mesmos, bem como a formação desses sujeitos em uma perspectiva de humanização (GEHLEN, 2009; DELIZOICOV, 2005; SOLINO; GEHLEN, 2014). Tal discussão tem se respaldado na teoria histórico-cultural, cuja noção de problema pode ser compreendida para além do desenvolvimento cognitivo do sujeito (GEHLEN, 2009).

No contexto dessa teoria, vários estudos têm focado nos papéis desempenhados pelas relações sociais e pela linguagem e nos processos de significação em sala de aula, apoiando-se especialmente nos trabalhos de Vygotsky e seus seguidores (MORTIMER; SCOTT, 2002; CAPECCHI; CARVALHO, 2000; MACHADO, 2012). Proposições fundamentadas nesse autor têm buscado compreender o homem não de forma isolada, mas como um ser de natureza social, em que todas as coisas humanas provêm das suas relações e vida em sociedade. Com base nesse princípio vygotskyano, a noção de problema é ressignificada no processo de produção e apropriação dos conhecimentos.

O entendimento sobre o problema na perspectiva vygotskyana pode ser encontrada nos estudos de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2011; 2013), os quais procuraram investigar a noção e função do problema a partir de uma análise minuciosa em diferentes obras de Vygotsky. Uma das conclusões dos autores é que a concepção deste termo para este teórico vai além da contribuição para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo, pois apresenta indícios relacionados ao processo de humanização do sujeito em que, ao enfrentar um determinado problema que tenha sentido e significado para ele, se humaniza. Além disso, os autores discutem que a sua função está relacionada a uma dimensão epistemológica, em que o problema é ao mesmo tempo gênese e produto do conhecimento humano. Essa discussão traz à tona a ideia de necessidade relacionada ao problema, enquanto elemento embasado na atividade humana, sendo que, para Vygotsky, não é qualquer problema que vai proporcionar ao sujeito o seu desenvolvimento cognitivo e a apropriação de novos conhecimentos, mas sim, o sentido que este problema lhe representa durante o seu enfrentamento. Deste modo, Gehlen (2009) sugere que é preciso que o problema desperte a necessidade de o sujeito resolvê-lo e, para isso, o problema deve carregar consigo elementos que envolvam vivências e práticas sociais dos estudantes em atividades de ciências.

Partindo da premissa de que o problema deve fazer sentido para os estudantes, de modo a desencadear ações que os levem à elaboração de novos significados, há necessidade de estudar tais aspectos nas atividades pautadas no Ensino por Investigação, uma vez que esta abordagem didática tem como objetivo promover a alfabetização científica dos estudantes (SASSERON, 2008). Entendemos que o Ensino por Investigação rompe com a tradicional forma de ensinar ciências, partindo da ideia de que os sujeitos precisam não apenas apreender os conceitos científicos, mas também desenvolver práticas sociais de investigação próximas daquelas legitimadas no âmbito da produção de conhecimento da ciência (KELLY, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE, 2007).

Sem a intenção de ignorar o papel relevante dos problemas sociais como estruturadores do ensino na perspectiva vygotskyana, nossa preocupação, nessa pesquisa, visa investigar especificamente os problemas que tem como ponto de partida a conceituação científica, a exemplo daqueles presentes em atividades investigativas. Em outras palavras, objetivamos entender como os problemas conceituais podem tornar-se significativos em aulas de ciências, tendo em vista que grande parte deles são configurados levando em consideração temas ou tópicos de conteúdos de ciências, não especificamente voltados para as questões socioculturais vivenciadas pelos estudantes. Sendo assim, nosso problema de pesquisa é saber se e como é possível, no curso de uma atividade investigativa, tornar os problemas conceituais potenciais problemas que sejam significativos para os estudantes sob o ponto de vista cognitivo, de modo que se aproximem de alguma forma de elementos presentes na perspectiva de Vygotsky.

No contexto de tarefas que envolvem o enfrentamento de problemas conceituais, os quais são resolvidos com base em práticas sociais de investigação (como levantamento e teste de hipóteses, manipulação ou não de objetos e discussão argumentativa dos resultados, avaliação de ideias, *etc*), poucos são os pesquisadores que têm procurado estudar especificamente o processo de significação desses problemas em sala de aula. Deste modo, faz-se necessário analisar o seu papel e função na abordagem investigativa, a forma como é proposto pelo professor e como o problema vai sendo significado pelos alunos à medida que se busca a sua solução.

Contudo, cabe ressaltar que os trabalhos baseados no Ensino por Investigação, em especial aqueles realizados no contexto do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF-USP), têm iniciado discussões sinalizando a importância de abordar problemas significativos em aulas investigativas (AZEVEDO, 2004; CAPECCHI, 2013; RABONI, 2013; MACHADO; SASSERON, 2012). Capecchi (2013), por exemplo, salienta que durante a resolução de uma situação-problema é necessário que os sujeitos percorram um processo de construção de significados, desde a apresentação do problema inicial até a identificação de questões científicas e ferramentas necessárias para sua solução. Para Machado e Sasseron (2012), as perguntas colocadas pelo professor no curso investigativo permitem que os alunos criem significados a partir de um problema. Os autores apontam a necessidade de os alunos reconhecerem o problema proposto, tomando-o para si, de modo a se engajarem na sua resolução. Quanto a esse aspecto, Raboni (2013) constatou que ao enfrentar os problemas, as crianças buscavam dar sentido aos acontecimentos do fenômeno investigado. O objetivo da sua pesquisa era analisar o uso da linguagem por alunos do ensino fundamental durante a realização de atividades investigativas.

Nessa mesma linha, existem trabalhos em outras áreas de ensino que podem servir como ponto de partida para identificarmos elementos que favorecem a elaboração de sentidos em sala de aula, a exemplo de Solé (1998) que explica três fatores que interferem na atribuição de sentido em uma determinada atividade: 1) é preciso que os alunos conheçam o propósito da atividade que vão realizar, incluindo seus objetivos e condições de realização; 2) a atividade pode ser mais atraente para o aluno se ele estiver relacionada a alguma necessidade. Tal necessidade pode funcionar como "motor" da ação a qual depende da natureza da atividade, do conteúdo envolvido e na forma como está sendo conduzida pelo professor; 3) as representações que os alunos elaboram de si mesmos enquanto participam de uma atividade.

Esses fatores apresentados por Solé (1998) indicam convergência com o trabalho de Almeida e Brito (2005), que procuraram evidenciar de que maneira os alunos do ensino médio atribuíam sentidos em aulas de modelagem matemática. Os autores identificaram três importantes condições que podem favorecer tal aspecto, dentre eles: a) quando os alunos enfrentam um

problema que tem uma importância subjetiva, ou seja, quando assumem o problema para si; b) quando ocorre envolvimento crítico e aplicação do conhecimento para outras situações vivenciadas pelos estudantes; c) quando os alunos procuram tornar relevante o uso da Matemática na abordagem de um problema.

Assim, partimos da hipótese de que o problema numa dimensão conceitual, comumente formulado em aulas de ciências, por si só não garante a atribuição de sentidos e significados pelos alunos. É necessário que o mesmo seja negociado entre os sujeitos de modo a explicitar as contradições conceituais presentes nele, a partir das necessidades e vivências dos estudantes. Portanto, dar sentido ao significado do problema é uma tarefa complexa que exige uma mudança nos papéis de alunos e professores envolvidos nesse processo. Estes devem se assumir como sujeitos colaboradores de ensino e aprendizagem ao compartilharem práticas sociais típicas da cultura científica escolar no contexto do ensino de ciências. Além disso, pressupõe-se que o movimento de significação do problema depende da relação que o professor estabelece com o objeto de conhecimento e suas concepções de ensino.

Nossa intenção nesta pesquisa é buscar investigar o movimento de significação de problemas na abordagem didática investigativa à luz da perspectiva histórico-cultural. Para isso, procuramos responder as seguintes questões norteadoras: *Qual noção de problema é apresentada na Abordagem Didática do Ensino por Investigação? Que tipo de papel e função esses problemas exercem na estruturação e desenvolvimento de aulas investigativas e como estes se articulam às discussões vygotskianas? De que forma podemos analisar a qualidade e o movimento de significação desses problemas? Como ocorre o movimento de significação de problemas em aulas investigativas?* Assim, torna-se importante analisar os processos discursivos entre os sujeitos, tendo como foco principal as relações entre o problema e a atribuição de sentidos e significados.

Metodologicamente, pretendemos analisar de forma qualitativa os discursos e ações de alunos e da professora no decorrer de uma atividade presente em uma sequência de ensino investigativa de ciências, a qual foi aplicada em uma turma do ensino fundamental de uma escola pública da cidade de São Paulo. Entendemos que as atividades dessa natureza são realizadas por meio de práticas sociais de investigação e a partir delas podemos identificar o movimento de significação durante o processo de enfrentamento e solução de problemas. Com base no entendimento de que os conhecimentos são historicamente e socialmente construídos buscamos entender a significação do problema à luz da perspectiva histórico-cultural.

Esta tese é composta por 5 capítulos, os quais contemplam os seguintes aspectos:

No capítulo 1, realizaremos uma breve descrição de estudos de ensino de ciências que defendem o uso de problemas em suas propostas didático-pedagógicas, com especial atenção para

a abordagem do Ensino por Investigação. Nesse contexto, buscaremos apresentar reflexões sobre a alfabetização científica e o desenvolvimento de práticas epistêmicas a partir da proposição de problemas, articulando-os aos objetivos do ensino por investigação.

No capítulo 2, apresentaremos a noção de problema em Vygotsky com o intuito de compreender o seu processo de significação no contexto de ensino de ciências. Focaremos especialmente na dimensão pedagógica do problema, que tem como critério de seleção a conceituação científica. A partir de então, elencaremos alguns elementos significadores que podem contribuir para potencializar a significação desses problemas em propostas de ensino que buscam alfabetizar cientificamente os alunos.

No capítulo 3, aprofundaremos o estudo sobre o papel e função do problema na abordagem didática do ensino por investigação e tomaremos a dimensão pedagógica do problema como parâmetro para discutir como que ocorre o processo de significação em aulas investigativas a partir das contribuições da perspectiva vygotskyana. Além disso, construiremos uma ferramenta analítica com base nos elementos significadores fundamentados nas ideias de Vygotsky, os quais encontram-se sintetizados nos Potenciais Problemas Significadores (PPS), sendo esses, entendido como novos problemas ou problematizações que emergem na trama das relações entre os sujeitos em aulas investigativas para significar o problema.

No capítulo 4, apresentaremos os encaminhamentos metodológicos, bem como o contexto ao qual essa pesquisa se insere e os procedimentos de análise. No capítulo 5, analisaremos como se deu o processo de significação de um determinado problema em uma aula investigativa, ou seja, como os alunos em interação com a professora atribuíram e modificaram seus sentidos e significados durante o enfrentamento e solução do problema. Para isso, utilizaremos a ferramenta de análise construída nesta pesquisa para investigar o processo de significação do problema. A título de conclusão, apresentaremos ao final da tese algumas considerações da pesquisa.

CAPÍTULO 1

O PROBLEMA COMO COMPONENTE NECESSÁRIO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Neste capítulo, ressalta-se a importância do problema como gênese da atividade humana, em especial na construção do conhecimento científico e escolar. Apresentamos também uma breve descrição de trabalhos focados no ensino de ciências com base em problemas, bem como reflexões sobre a alfabetização científica e o desenvolvimento de práticas epistêmicas na educação. Ao final do capítulo, discutimos a abordagem do ensino por investigação como proposta didática que visa a desenvolver práticas epistêmicas em sala de aula a partir de problemas investigativos. Entendemos que esta abordagem é uma perspectiva que potencializa o processo de alfabetização científica em sala de aula, em especial, quando damos destaque ao papel do problema na produção de sentidos e significados.

1.1 O problema como gênese da atividade humana

Desde o surgimento da humanidade até os dias de hoje, o homem sempre sentiu necessidade de inventar ou descobrir coisas, sejam elas por motivos culturais e biológicos ou até mesmo econômicos e políticos. O homem como um ser social que busca a todo momento compreender a si mesmo e explicar o mundo em que vive, constrói representações significativas da realidade. Essas representações, que podem ser transformadas em conhecimentos, surgem em decorrência do enfrentamento de problemas, por meio do qual ocorre no contexto de uma determinada prática social que envolve planejamento de ações, divisão de trabalho e socialização (LEONTIEV, 1978; PINO, 2001; GEHLEN, 2009).

Tal relação entre o enfrentamento de problemas e a história da atividade humana pode ser explicada à luz da perspectiva histórico-cultural. Essa abordagem parte do pressuposto de que a cultura é um produto da atividade social do homem e o que confere o caráter social da atividade humana é a forma particular dos seres humanos fixarem e transmitirem às gerações seguintes os conhecimentos adquiridos historicamente. Essa característica deve-se ao fato de os homens terem a capacidade de criar e produzir, assim, tanto os instrumentos produzidos para realizar a atividade, quanto o produto dela resultante, são sociais e podem ser utilizados por outros sujeitos (LEONTIEV, 1978).

Ainda com base nessa perspectiva, Gehlen e Delizoicov (2013) explicam que a consciência do problema e a busca da sua solução estão vinculadas a uma atividade do homem datada desde a história do seu desenvolvimento filogenético¹, em que as relações entre o

¹ História do desenvolvimento da espécie humana.

indivíduo e o mundo ocorriam a partir do enfrentamento de problemas específicos relacionado ao processo de humanização² dos mesmos.

Duarte (2004) esclarece que a atividade humana esteve sempre envolvida nas relações objetivas entre o homem e a coletividade da qual ele faz parte. Dentre outros aspectos, o autor aponta que o indivíduo e a sociedade são movidos por necessidades, entre as quais estão situadas a ação orientada por objetivos conscientes.

Nas sociedades primitivas, um exemplo clássico que ilustra essa questão da necessidade e o problema como ponto inicial do trabalho humano é a caçada. Sabe-se que o indivíduo, por meio da caça, buscava a sua sobrevivência. Para satisfazer esta necessidade de alimentação, teria que lidar com o problema de como dominar os animais de diferentes espécies sem colocar em risco a sua vida. Sendo assim, o homem encontrou a solução na fabricação de instrumentos específicos, como a faca, o machado, a lança. Ou seja, a criação de ferramentas pôde satisfazer sua necessidade de se alimentar.

Outro exemplo interessante que explicita a relação entre necessidade e a superação de problemas é a “invenção” das vestimentas. Historicamente, as primeiras manifestações de vestuário surgiram a partir da criação da técnica do curtimento das peles durante o período paleolítico. Ou seja, o homem encontrou a solução para os problemas relacionados à sua sobrevivência no uso das peles extraídas dos animais, as quais eram jogadas sobre seus corpos. Essa invenção certamente surgiu da necessidade dos homens protegerem seus corpos das temperaturas muito baixas ou muito elevadas em determinados ambientes e o problema aí colocado estaria em como criar algo que suprisse esta necessidade.

Estes exemplos de atividades humanas que foram citados representam a relação entre necessidade e o problema, aspecto também mencionado por Gehlen (2009, p. 33) ao enfatizar que “o problema se caracteriza como um elemento na atividade por estar relacionado às necessidades do sujeito, nas suas interações com o meio”.

É importante destacar que à medida que o homem evolui histórica e culturalmente há o surgimento de novas necessidades aliadas a problemas que não estão vinculados diretamente às suas condições biológicas, como fome, sede, frio, mas ligadas à produção material da vida humana (DUARTE, 2004). Portanto, conhecer melhor a natureza, desenvolver habilidades necessárias para transformar objetos naturais em sociais requer pensar em atividades mais sofisticadas que exigem mais técnica, abstração e generalizações, como é o caso da atividade científica.

² Tal discussão será aprofundada no capítulo 2.

A construção de significados pelo homem a partir do enfrentamento de problemas pode ser considerada um campo de estudo amplo na Ciência. Gaston Bachelard (1884-1962), epistemólogo reconhecido pelas valorosas contribuições dadas não somente ao campo da Ciência, mas também à educação, arte e literatura, já enfatizava que:

[...] Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido de problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 1996, p. 18).

Essa passagem evidencia claramente que Bachelard (1996) considera que a produção de conhecimento científico é resultado de um trabalho que tem por gênese os problemas. Na visão deste autor, a busca por solucionar problemas consistentemente formulados representa o ponto de partida do conhecimento. Outros epistemólogos, como Popper e Laudan, também enfatizam a relação entre a evolução científica a partir de um trabalho guiado por problemas (CLEMENT, 2013). Sobre este aspecto, Clement (2013) faz uma interessante reflexão sobre o papel do problema nas teorias epistemológicas da Ciência e destaca que, embora muitos estudiosos apresentem concepções divergentes entre suas teorias, “o que é marcante em todas elas é a valorização atribuída aos problemas na construção do conhecimento científico” (p. 84). Ele ainda explica que para o epistemólogo Larry Laudan³ o objetivo da ciência é solucionar problemas, assim como, na visão popperiana não existe conhecimento sem problemas, uma vez que a sua produção se inicia a partir de uma tensão gerada entre aquilo já apreendido pelo homem e a sua ignorância.

Com base nessas discussões sobre a importância do problema para a história do progresso humano podemos entender que ele é o desencadeador de toda atividade humana, das mais simples até as mais “sofisticadas”, como é o caso da atividade científica⁴. Chamamos de atividade “sofisticada” porque demanda um processo investigativo de construção de modelos teóricos, a partir de práticas sociais de observação, medição, criação, análise, síntese, elaboração de hipóteses, generalizações, abstrações, comunicação, *etc.* Essas práticas foram sendo desenvolvidas historicamente à medida que os estudiosos percebiam que os

³ LAUDAN, L. O Progresso e seus Problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico. 1ª ed., tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

⁴ Gutiérrez (2002) explica que a ciência formou-se historicamente como um processo especial de conhecimento, no qual a atividade científica era estudada sistematicamente e realizada por grupo de pessoas, as quais criavam e desenvolviam instrumentos experimentais, métodos e modelos matemáticos, linguagens artificiais, algoritmos, *etc.* Ela surgiu na época do surgimento das classes e da luta de classes, quando criou-se uma nova divisão do trabalho, diferente do trabalho físico: o trabalho intelectual.

conhecimentos produzidos pela humanidade, sobretudo aqueles oriundos de um pensamento espontâneo, tornaram-se insuficientes para explicar o mundo e nele intervir (GUTIÉRREZ, 2002).

Nesse sentido, entender a ciência como atividade humana nos leva a pensar na capacidade de o homem desenvolver habilidades e estratégias para resolver os problemas e isso justifica a importância de ensinar não apenas os produtos da ciência, mas também as suas práticas sociais de investigação.

1.2 Alguns usos de problemas no Ensino de Ciências

Os estudos sobre a importância do problema no ensino de ciências têm ocupado um espaço relevante na didática das ciências. A literatura sobre este tema tem sido bastante proeminente, e ao mesmo tempo complexa, porque abrange diferentes referenciais teóricos com propósitos e métodos de ensino variados (SILVA; NÚNEZ, 2002).

Historicamente, essa preocupação com uma educação focada na solução de problemas foi derivada dos métodos que enfatizavam uma aprendizagem ativa dos alunos e que buscavam desenvolver o pensamento criativo dos mesmos. Assim, o trabalho com “soluções de problemas” surgiu como uma estratégia a ser utilizada pelos professores como forma de tornar o ensino mais atraente e menos expositivo, a fim de possibilitar mudanças qualitativas na atividade mental dos estudantes (FREITAS, 2012; SILVA, NÚNEZ; RAMALHO, 2001; VASCONCELLOS *et al.* 2012; BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002; GIL *et al.*, 1992; ECHEVERRÍA; POZO, 1998).

O ensino por descoberta, por exemplo, proposto nas décadas de 1960 e 1970 constituiu uma tentativa de superar as limitações do ensino diretivo tradicional. Aspectos como dar responsabilidade para os alunos aprenderem, motivá-los a partir de problemas e experimentação, aprender a “descobrir” e observar fenômenos foram importantes para redefinir o processo de ensino-aprendizagem. Contudo, iniciativas desse modelo de ensino fracassaram por apresentar a ideia de que na ciência existe um único método científico e verdades inquestionáveis, além de desenvolver apenas o raciocínio indutivo dos estudantes, com foco na aprendizagem individual. Embora essa proposta seja fortemente criticada por profissionais da área da educação e da psicologia, “não devemos esquecer que tais tentativas, constituíram no passado um passo importante, para a construção da didática das ciências na atualidade” (SILVA, NÚNEZ, RAMALHO, 2001, p. 7).

Atualmente, parece haver um consenso entre os pesquisadores da área de ensino de ciências sobre a necessidade de propor problemas para auxiliar na aprendizagem dos

estudantes (GIL *et al.*, 1992; SILVA, NÚÑEZ, RAMALHO, 2001; DELIZOICOV, 2005; LABARRERE, 2002; CARVALHO, 2013; CAPPECHI, 2013;). Delizoicov (2005) comenta que grande parte do planejamento docente e execução das aulas de ciências, em especial da Física, são destinadas a atividades de resolução de problemas, sobretudo aquelas conhecidas como exercícios de lápis e papel extraídos de livros didáticos. O autor destaca que além desse tipo de problema, há outros sentidos que se articulam a este e que apontam para o planejamento e desenvolvimento de atividades distintas, como por exemplo, problematizações de caráter mais aberto e que tenham significado real para o aluno. Tais problemas abertos são aqueles que podem desencadear diferentes respostas a depender do contexto envolvido e parte da resolução é analisar o entorno e as soluções possíveis ou viáveis para aquela situação. Esse tipo de problema rompe com uma visão fechada de ciência, cujo as respostas são sempre únicas.

Sobre este aspecto, Gil *et al.* (1992) também têm defendido problemas com características mais abertas e tem feito severas críticas às didáticas habituais que costumam estimular nos alunos um “operativismo abstrato” que pouco contribui para uma aprendizagem mais ativa. Destacam que muitos problemas de lápis e papel abordados pelos professores em sala de aula estão longe de se tornarem problemas verdadeiros, pois os consideram como situações fechadas que se deve saber resolver a partir de repetições e respostas únicas. Para torná-los verdadeiros ou autênticos, os autores propõem, dentre outros aspectos, que os problemas de lápis e papel gerem interesse nos alunos e desencadeiem resoluções próximas de uma investigação científica.

Freire e Silva (2013) também propõem mudança no tratamento dado às atividades de resolução de problemas, sugerindo que nos cursos de formação de professores os licenciandos aprendam a distinguir a noção de “exercícios” e de “problemas”, entendendo que:

[...] no “problema” exige-se uma explicação, coerente a um conjunto de dados relacionados dentro de um contexto determinado, podendo admitir diferentes caminhos para abordar a solução e inclusive várias soluções. Já os “exercícios” implicam em um algoritmo de forma mais ou menos mecânica, conhecendo antecipadamente o caminho que é preciso seguir para chegar ao resultado esperado e, em geral, admite uma única solução (p.192).

Para ilustrar essa diferenciação entre exercícios e problemas, Echeverría e Pozo (1998) explicam que uma pessoa pode consertar um circuito elétrico de forma bastante simples, tornando-se para ela um exercício habitual, enquanto que este conserto para outras pessoas pode resultar em um problema complexo e trabalhoso. Do ponto de vista da aprendizagem, essa diferenciação entre problemas e exercícios nem sempre são fáceis de serem estabelecidos, pois depende do sujeito que enfrenta (suas experiências e do grupo que faz parte,

conhecimentos, atitudes, motivações) e do contexto da tarefa (os seus objetivos e das condições de resolução).

Com base nessa distinção entre problemas e exercícios, Freire e Silva (2013) investigaram como futuros professores de química elaboravam problemas a partir de exercícios habituais de lápis e papel. O trabalho revelou que muitos licenciandos tiveram dificuldades em propor problemas e uma das possíveis razões é o uso excessivo de exercícios mecanizados nos cursos de formação, os quais criam nos estudantes uma imagem distorcida da ciência. Essa dificuldade encontrada entre os licenciandos já havia sido sinalizada por Echeverría e Pozo (1998, p. 17) ao enfatizar que “[...] muitas vezes, os alunos não habituados a resolver problemas se mostram inicialmente reticentes e procuram reduzi-los a exercícios rotineiros”. Contudo, vale ressaltar que nem sempre é possível transformar os exercícios tradicionais em problemas, pois isso demanda que o enunciado contenha uma situação que possa ser problematizada, isto é, que possa ser refletida para além de uma mera aplicação de fórmulas ou algoritmos (CLEMENT, 2013).

De modo semelhante ao trabalho de Freire e Silva (2013), uma pesquisa elaborada por Silva, Núñez e Ramalho (2001) com 54 professores do curso de licenciatura em pedagogia também constatou a dificuldade dos licenciandos diferenciarem problemas de exercícios. Os autores chamam atenção para a necessidade de favorecer nos cursos de formação uma maior reflexão sobre a perspectiva do ensino de ciências através do uso de problemas.

Embora os cursos de licenciatura nas áreas das ciências da natureza privilegiem práticas mais tradicionais no que diz respeito ao tratamento de resolução de problemas em sala de aula, Freitas (2012) discute algumas abordagens inovadoras que vem surgindo nos cursos de formação superior com o propósito de enfatizar a aprendizagem dos alunos a partir da solução de problemas, a exemplo da abordagem canadense *Problem-based learning* (PBL). A autora explica que esta proposta surgiu no final da década de 1960, na área da saúde, com o objetivo de superar o distanciamento do ensino superior em relação aos contextos profissionais reais. Dentre algumas características dessa proposta está a estreita relação do problema com contextos reais da profissão, formulados por especialistas da área, tendo o professor como facilitador da aprendizagem ativa do aluno e o currículo estruturado por eixos temáticos. Além disso, essa proposta busca desenvolver o raciocínio dos alunos a partir de um trabalho colaborativo e investigativo (VASCONCELOS *et al.*, 2012; COELHO-FILHO; SOARES; CARMO E SÁ, 1998; SALVADOR *et al.*, 2014).

Outra proposta discutida por Freitas (2012) é a *Metodologia da Problemática*, fundamentada nas ideias do Arco de Maguerez⁵ e inspirada em algumas ideias de Paulo Freire. Dentre alguns aspectos dessa abordagem estão: a ênfase na reflexividade, a existência de um caráter político de trabalho pedagógico ao propor problemas da realidade dos alunos. O objetivo principal é tornar os alunos participantes da construção histórica da realidade em um processo de conscientização e práxis (BERBEL, 1999; COLOMBO; BERBEL, 2007).

Freitas (2012) reconhece ainda as contribuições de ambas as propostas para os cursos de formação de professores, porém aponta algumas limitações quanto à supervalorização das ideias e experiências dos estudantes e a pouca ênfase dada à aprendizagem dos conceitos científicos.

No contexto de propostas centralizadas no problema, existem outras abordagens de ensino que não foram mencionadas pela autora, mas que vem ganhando espaços tanto nos cursos de formação superior, quanto no ensino básico, a exemplo da Abordagem Temática Freireana (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011); Abordagem CTS (SANTOS; MORTIMER, 2002); Ensino por Investigação (CARVALHO, 2011a; 2013; AZEVEDO, 2004; MUNFORD; LIMA, 2007), dentre outras. Essas abordagens estão organizadas por temas e algumas delas têm se configurado como propostas de reestruturação curricular e outras como metodologias de ensino (HALMENSCHLAGER, 2014).

A Abordagem Temática Freireana, organizada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), configura-se como uma perspectiva de reformulação curricular baseada em temas que representam problemas da realidade dos estudantes e/ou comunidade. Esses problemas referem-se a situações-limite enfrentadas pelos indivíduos, as quais representam obstáculos que dificultam a tomada de decisões de modo mais crítico em torno da realidade concreta. Essa abordagem encontra-se fundamentada nas ideias de Paulo Freire e George Snyders e tem como objetivo principal formar sujeitos capazes de compreender o mundo e intervir sobre ele com possibilidades de transformação. Dentre os trabalhos nessa linha, destacam-se Delizoicov (2008); Silva (2004); Lindemann (2010); Muenchen (2010).

⁵ De acordo com Colombo e Berbel (2007), o Arco de Maguerez foi elaborado na década de 70 e se constituiu como base para a aplicação da Metodologia da Problemática. Desde 1994, Berbel vem aplicando tal proposta na educação, em especial nos cursos de formação de professores, organizando os estágios supervisionados em cinco etapas fundamentadas no Arco de Maguerez: (observação da realidade e definição do problema, pontos-chave, teorização, hipóteses de solução e aplicação à realidade).

A Abordagem CTS tem sido outra linha de estudos que vem propondo trabalhar problemas referentes ao contexto social, ressaltando as implicações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade. Os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados de modo a relacionar aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos e o objetivo principal da proposta é alavancar a aprendizagem dos alunos de modo a formar uma sociedade que questione os impactos da tecnologia e ciência e modifique suas atitudes perante os problemas reais, para os quais não há uma resposta imediata, a exemplo das mudanças climáticas; mutação genética; desastres ambientais; entre outros. Trabalhos como os de Santos e Mortimer (2002); Conrado e El-Hani (2010); Auler (2002), são exemplos.

Tal enfoque dado às relações CTS no ensino de ciências também é abordado por outras propostas que visam propor mudanças pedagógicas na prática docente, a exemplo do Ensino por Investigação. Essa abordagem tem sido apoiada por diferentes estudiosos e suas bases epistemológicas podem variar, a depender da perspectiva teórica adotada. Todavia, parece existir alguns aspectos no Ensino por Investigação que são consensuais entre os pesquisadores, como o desenvolvimento de habilidades inerentes à atividade científica - levantar hipóteses em torno de um problema, coletar e analisar dados e argumentar (ZOMPERO; LABURÚ, 2011). Entre exemplos de trabalhos nessa linha destacam-se: Carvalho (2011a; 2013); Azevedo (2004); Munford e Lima (2007); Sá, Lima e Aguiar Jr (2011); Sasseron (2013); Clement (2013).

É importante ressaltar que a ênfase nos trabalhos pautados no Ensino por Investigação é distinta daquela proposta na década 1960 em que se valorizava o raciocínio indutivo dos alunos e o trabalho apenas experimental. O ponto crucial das tarefas investigativas é desenvolver o pensamento empírico e teórico dos alunos, a partir de aspectos presentes na atividade científica, como pensar sobre problemas, fazer inferências, teorizar, analisar dados e argumentar. No âmbito dessa proposta muitos estudiosos têm procurado estabelecer relações com o desenvolvimento de práticas epistêmicas e alfabetização científica de alunos, aspecto que merece ser discutido para ajudar a compreender melhor o papel do problema nessa abordagem de ensino.

1.3 Alfabetização Científica e Práticas Epistêmicas

Conforme já mencionado, estudos que defendem a importância do problema no ensino de ciências têm sido conduzidos buscando garantir uma melhor qualidade na formação dos estudantes. Não é mais novidade, por exemplo, encontrarmos pesquisas que chamem atenção

para a necessidade de repensarmos os objetivos de ensinar ciências visando à formação de cidadãos críticos, participativos e responsáveis para com o mundo. Parece que esta ideia tem se tornado consenso na área, principalmente quando se trata de almejar sujeitos alfabetizados cientificamente. Embora reconheçamos o caráter controverso e polissêmico do conceito de Alfabetização Científica nos estudos em educação em ciências (SASSERON; CARVALHO, 2011), há indícios de que os pesquisadores estejam preocupados com um ensino menos propedêutico, indo além do entendimento dos conceitos científicos e seus procedimentos (KELLY, 2011; AULER; DELIZOICOV, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Historicamente, o termo Alfabetização Científica surgiu entre o final da década de 1950 e início dos anos de 1960 pelo pesquisador americano Paul Hurd (SASSERON; CARVALHO, 2011). Nesse período, houve o reconhecimento da Alfabetização Científica nos Estados Unidos, uma vez que o país estava preocupado em formar futuros cientistas, devido à competitividade econômica ocasionada pela guerra fria. Com o passar dos anos, o termo foi sofrendo alterações quanto aos seus objetivos educacionais e foi a partir da década de 1990, que a atenção sobre os aspectos funcionais e os impactos da Ciência e Tecnologia no bem-estar da humanidade, no meio ambiente, no desenvolvimento político e econômico e no progresso da nação começou a surgir nos currículos de ensino de ciências (SASSERON; CARVALHO, 2011). Assim, aspectos que envolvem a justiça social, bem-estar da nação, valores e tomada de decisões em sociedade passaram a fazer parte das discussões por pesquisadores e educadores na defesa da promoção da Alfabetização Científica no contexto escolar (KELLY, 2011).

No Brasil, por razões de dificuldade na tradução do termo e por existir concepções teóricas diferenciadas sobre a Alfabetização Científica, alguns autores têm adotado a ideia de Letramento Científico e Enculturação Científica para expressarem preocupações semelhantes com este ensino, centrando-se na “formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 60).

O estudo bibliográfico realizado por Sasseron e Carvalho (2011) discute as várias concepções do termo Alfabetização Científica apresentada por diferentes pesquisadores. Buscando sintetizá-los, as autoras compilaram os vários sentidos atribuídos ao termo e agruparam em três grandes blocos, denominando-os de *Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica*, os quais sejam: i) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos fundamentais; ii) compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam a sua prática; iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Auler e Delizoicov (2001) apontam distintas visões sobre a noção de Alfabetização Científica que influenciam o trabalho educativo, a exemplo daquelas mais próximas de uma perspectiva democrática e outras ligadas a postulações tecnocráticas. A visão democrática se aproxima de uma educação progressista, estabelecendo como meta a busca pela compreensão crítica do mundo e das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Neste modelo, os autores defendem que os mitos sobre a Ciência, os quais incluem - a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas; a postura salvacionista da Ciência e Tecnologia e o determinismo tecnológico - devem ser superados. Por outro lado, o modelo tecnocrático estabelece como meta a transmissão unidirecional do conhecimento científico, retratando a Ciência como uma atividade neutra e desprovida de valores, ambiguidades e contradições. Visa a entender os artefatos tecnológicos e científicos numa dimensão técnica e internalista, o que pode contribuir para uma visão ingênua da Ciência e Tecnologia (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Estudos mais recentes têm apresentado interessantes discussões sobre as relações entre Alfabetização Científica e as práticas sociais de construção de conhecimento (KELLY, 2008; 2011), aspecto que parece se aproximar de uma visão democrática de ensino de ciências discutida por Auler e Delizoicov (2001), uma vez que sugere que a educação pode exercer o papel de capacitar cidadãos no engajamento de diálogos críticos sobre a legitimação de conhecimentos científicos.

Gregory Kelly (2011), atual professor e pesquisador da The Pennsylvania State University, nos Estados Unidos, tem defendido trabalhos dessa natureza. Para este autor, o foco sobre a Alfabetização Científica pode trazer em primeiro plano a importância da linguagem na produção de conhecimentos tanto no campo científico quanto no campo escolar, visando desenvolver conhecimentos e práticas de uma comunidade. Entre outros aspectos, Kelly (2011) destaca que a visão de alfabetização envolve mais do que ler e escrever textos, pois implica em ações, crenças, valores e práticas sociais de produção, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos. Assim sendo, os discursos são fundamentais para a produção do conhecimento, pois possibilitam compreender os seus processos de legitimação. Ou seja, a concepção de alfabetização para este autor possui um sentido mais amplo, ligada a uma prática social.

Com base nesse argumento, o autor propõe duas vias de pesquisas sobre Alfabetização Científica. A primeira está relacionada com o 'como' e o 'que' conta como conhecimento e práticas no contexto de grupos sociais e como tais conhecimentos e práticas são legitimados por esses grupos. Visando responder a esses questionamentos, o autor propõe pesquisas centradas em práticas epistêmicas, as quais podem contribuir com diferentes visões e significados sobre a Alfabetização Científica. Esta ideia pressupõe reconhecer que o ensino

não deve se restringir apenas à aquisição de conceitos científicos pelos alunos, mas também à compreensão acerca da epistemologia da ciência, ou seja, à sua forma de produzir, comunicar, avaliar e legitimar os conhecimentos. Nas palavras do autor, as práticas epistêmicas podem ser definidas como “formas específicas que os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam enunciados de conhecimentos num determinado marco disciplinar” (KELLY, 2008, p. 99, tradução nossa). Em síntese, o autor entende que uma comunidade justifica seus conhecimentos através de práticas sociais e estas são constituídas por um conjunto padronizado de ações, tipicamente realizadas por membros de grupos que se baseiam em propostas comuns com valores, ferramentas e significados culturalmente compartilhados.

De modo semelhante, Jimenez-Aleixandre (2014) afirma que as práticas epistêmicas na aprendizagem em ciências são aquelas ações que revelam de algum modo práticas epistemológicas da ciência implícitas aos alunos, e por isso, os padrões de ações relativos ao conhecimento podem ser chamados de epistêmicos. Em outras palavras, as ações e discursos são elementos importantes para desenvolver e modificar normas e práticas de uma determinada comunidade, além de fornecer acesso ao conhecimento disciplinar.

Nessa perspectiva, o problema aparece como elemento fundamental nas atividades de ciências, uma vez que é em torno dele que os alunos se engajam na tarefa, aprendendo não só os produtos da ciência, mas especialmente os seus processos (KELLY; LICONA, *in press*). Sendo assim, as práticas epistêmicas em sala de aula medeiam a resolução do problema e, por meio deste, as práticas podem ser transformadas.

Kelly e Licona (*in press*) sinalizam que o tipo de abordagem utilizada pelo professor em sala de aula influencia as práticas epistêmicas desenvolvidas pelos estudantes. Por exemplo, numa abordagem investigativa, as práticas centrariam na construção, comunicação, avaliação e legitimação de uma explicação científica decorrente de um problema científico; enquanto que numa abordagem sociocientífica, as explicações ou argumentos não estariam voltados para uma única perspectiva científica, mas sim por diferentes visões, tais como, ecológicas, morais, religiosas, pessoais e/ou económicas para apoiar ou explicar um determinado problema social em questão. Segundo os autores, embora essas duas abordagens exijam práticas epistêmicas distintas, porque o tipo de problema e a forma de solucioná-lo variam, é importante destacar que elas compartilham um objetivo comum ao se afastarem de uma abordagem tradicional de ensino, em que o conteúdo é explorado pelo professor com pouca atenção dada à forma como ele foi produzido.

De uma maneira mais ampla, Claxton (2014) compreende a educação como uma aprendizagem epistêmica. Para ele, a escola exerce uma poderosa influência nas trajetórias

epistêmicas dos alunos, sendo que os hábitos dos professores e a cultura escolar também contribuem, certamente, para o desenvolvimento da mente dos estudantes. Ele argumenta que a educação é uma aprendizagem epistêmica porque tem a ver com as atividades de pensar, aprender e conhecer. Isso implica o cultivo de uma *mentalidade epistêmica*, a qual contempla um conjunto de formas de abordar a complexidade, a incerteza e a dificuldade que perpassam os fatos e fenômenos. Além disso, ajuda a formar no sujeito uma *identidade epistêmica* a partir de um conjunto de crenças e atitudes sobre os direitos e as capacidades que um ser pensante tem como aprendiz e como conhecedor.

Claxton (2014) ainda afirma que os resíduos epistêmicos deixados nas mentes dos estudantes a partir do processo de escolarização podem variar amplamente, isto é, a depender da forma com que o ensino é conduzido, a mente dos alunos se molda de maneira distinta. E os professores conscientes disso ou não, atuam como “*treinadores epistêmicos*”, pois toda tarefa em qualquer tema ao ser desenvolvida em sala de aula requer o uso de um conjunto de habilidades de aprendizagem, enquadrando a forma de conhecer dos alunos seja numa dimensão crítica ou reprodutiva; entendendo o conhecimento de forma atemporal e verdadeiro ou contingente e discutível. Portanto, a aprendizagem epistêmica para este autor não é uma opção em que o professor decide se quer ou não trabalhar; ela é uma sombra onipresente de tudo o que ocorre na aula e é por isso que cultivar uma mentalidade e identidade epistêmica em lugar de outra é algo que nenhum professor pode evitar.

Nesse sentido, compreende-se que trabalhar propostas pedagógicas que valorizem o diálogo entre alunos e professor e possibilitem a vivência de práticas científicas próximas daquelas que acontecem nos espaços de produção do conhecimento científico podem ser fundamentais para alcançar os objetivos atuais da Alfabetização Científica, desenvolvendo nos alunos uma mentalidade e identidade epistêmica que requer habilidades de investigação, argumentação, trabalhos em equipe, avaliação crítica dos fatos, entre outros. Salientamos que promover a Alfabetização Científica a partir das práticas epistêmicas de produção, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos é um objetivo importante a ser alcançado no ensino de ciências e a abordagem didática do ensino por investigação apresenta-se como uma interessante proposta que tem buscado concretizar tais metas.

1.4 Abordagem Didática do Ensino por Investigação: o desenvolvimento das práticas epistêmicas e a importância do problema

Nas últimas décadas, estudos referentes à compreensão da natureza da ciência no contexto de atividades baseadas no ensino por investigação vêm sendo realizados por diferentes pesquisadores nacionais e internacionais, mostrando que este tema é relevante para a educação científica (AAAS⁶, 1993; NRC⁷, 1996; MUNFORD; LIMA, 2007; CARVALHO, 2011a; 2013).

Historicamente, alguns autores têm comentado que a proposta do ensino por investigação surgiu por volta do século XIX, quando a educação em ciências ainda era bastante incipiente nas escolas (DEBOER, 2006; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Deboer (2006) explica que, neste século, grupos de cientistas influentes da Europa e dos EUA passaram a defender a incorporação de alguns aspectos da investigação científica no currículo escolar, resultando em três diferentes tipos de abordagens, conhecidas como: i) descoberta heurística ou ensino por descoberta - os alunos tinham liberdade total para investigar os fenômenos; ii) verificação - os alunos investigavam para comprovar leis e fatos; e iii) descoberta orientada - os alunos investigavam de forma controlada. Embora essas abordagens tivessem sido importantes para a construção do que viria a se tornar o ensino por investigação, muitos educadores naquela época continuavam a realizar suas práticas tradicionais de ensino (SÁ, LIMA, AGUIAR JR., 2011).

Outros estudiosos, porém, têm apontado que as ideias pedagógicas que deram origem a essa perspectiva educacional surgiram a partir do século XX nos EUA⁸, influenciada inicialmente pelo pensamento deweyano⁹ (CLEMENT, 2013). Antes da década de 1950, Dewey apresentou severas críticas ao ensino tradicional centrado na transmissão de

⁶ AAAS, American Association for the Advancement of Science -Science for All Americans. New York: Oxford University Press, 1993. (Projeto 2061 dos EUA)

⁷NACIONAL RESEARCH COUNCIL. National science education standards. Washington: Nacional Academy Press, 1996.

⁸ Cabe ressaltar que o contexto norteamericano possibilitou a busca de novas orientações educacionais, uma vez que o país enfrentava uma crise econômica e medidas governamentais tiveram que ser adotadas para diminuir as falências das indústrias e consequentemente o desemprego (CLEMENT, 2013). A educação científica naquela época foi marcada pelas concepções pragmáticas de educação à medida que procurava respostas para os problemas sociais urgentes (RODRIGUES; BORGES, 2008).

⁹ Dewey como representante de um movimento progressivista, buscava uma educação mais ativa, centrada no aluno e voltada para a formação de uma sociedade democrática, sendo um dos primeiros precursores a defender um ensino investigativo baseado em um único método aplicado a qualquer experiência científica. Para ele, a ciência não deveria ser ensinada apenas como um conjunto de conhecimentos acumulados, mas como um processo para aprender. Suas postulações em torno de um único método para aprender ciências, baseado na apresentação de problemas, inferências e experimentação repercutiram nos currículos oficiais dos EUA, no final da década de 30 e meados da década de 40.

informações e defendeu a ideia de que os alunos deveriam aprender ciências por meio de processos utilizados pela ciência. O objetivo era transformar sujeitos passivos em ativos e reflexivos, tornando o aluno uma figura central da aprendizagem. Havia também uma forte preocupação em formar indivíduos capazes de compreender e aplicar um único método científico para resolver diferentes problemas e, como consequência disso, a neutralidade da ciência era disseminada. Posteriormente, nas décadas de 50 e 60, outros estudiosos como Schwab, Bruner e Piaget também contribuíram para redefinir a educação científica nos EUA, especialmente nas orientações dos materiais curriculares dedicados ao ensino das ciências, valorizando a importância de envolver os alunos em atividades de caráter investigativo, nas quais eles seriam protagonistas da aprendizagem (SÁ; LIMA; AGUIAR JR., 2011). Essa é uma das razões para que pesquisadores considerem este século como marco inicial do surgimento e estabelecimento do ensino por investigação no currículo escolar.

É possível acompanhar as mudanças teóricas e pedagógicas sobre a concepção do ensino por investigação à medida que verificamos os redimensionamentos do ensino de ciências nos currículos oficiais da Europa e, principalmente, dos EUA. Hoje, por exemplo, já não é mais aceitável ensinar ciências a partir de um método científico padronizado com etapas pré-definidas a serem seguidas linearmente e nem tampouco ensiná-la com base em uma visão neutra. Assim, podemos dizer que ao longo do tempo essa perspectiva sofreu diversas modificações quanto aos seus objetivos, natureza científica e fundamentos teóricos, em detrimento das necessidades culturais, econômicas, sociais e políticas vivenciadas naqueles países.

No Brasil, o ensino por investigação ganha força a partir dos anos de 1990, quando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) propuseram alguns encaminhamentos para o trabalho investigativo em aulas de ciências (SÁ, LIMA; AGUIAR-JR, 2011). Indicativos de tal proposta também têm surgido nos atuais documentos curriculares brasileiros, como as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e a atual proposta preliminar da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) ao recomendarem inserir aspectos do ensino por investigação nas atividades de ensino de ciências (BRASIL, 2013; BRASIL, 2016). Compreende-se que estudos sobre o tema tem crescido entre os pesquisadores, principalmente com o objetivo de investigar limites e possibilidades das ações de ensino-aprendizagem com base nesta perspectiva (BORGES, 2002; BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002; LABURÚ, 2003; AZEVEDO, 2004; MUNFORD; LIMA, 2007; CARVALHO, 2013; SCARPA; SILVA, 2013; CLEMENT, 2013; GOUW; FRANZOLIN; FEJES, 2013).

Em decorrência das mudanças ocorridas ao longo dos anos sobre esta proposta de ensino é possível encontrar na literatura diferentes denominações, abordagens e sentidos para

o ensino por investigação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SÁ; LIMA; AGUIAR-JR, 2011). Em meio à polissemia do termo (tais como: ensino por descoberta; *inquiry*; investigação), Zômpero e Laburú (2011) apontam alguns elementos consensuais sobre essa forma de ensino, tais como: deve haver um problema a ser analisado, deve existir a elaboração de hipóteses, planejamento das ações investigativas, interpretação das informações e comunicação dos resultados. Admitem, ainda, que atividades dessa natureza permitam potencializar o engajamento dos estudantes, no sentido de assumirem um papel intelectual mais ativo e interativo durante as aulas.

Alguns autores consideram esta proposta como uma estratégia, outros como metodologia e há aqueles que a defendem como uma abordagem didática (SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2014; FREIBERG, 2015; FERRAZ, 2015; SASSERON, 2015). Concordamos com esta última tipologia, pois partimos do pressuposto de que considerar o ensino por investigação como uma abordagem envolve compreendê-la como uma atividade complexa que requer uma mudança na cultura escolar e isso, de certa forma, está para além do emprego de uma estratégia ou metodologia. Em outras palavras, entendemos a abordagem didática do ensino por investigação como uma atividade interativa complexa de produção de sentidos e significados, normas e práticas científicas compartilhadas, a qual objetiva desenvolver nos alunos uma mentalidade e identidade epistêmica voltada para habilidades de aprendizagem investigativa. Sasserón (2015) argumenta ainda que nessa abordagem de ensino o papel do professor é fundamental, tendo em vista que é ele quem propicia a investigação em sala de aula, permitindo que os alunos desenvolvam habilidades de resolução de problemas, por meio da interação com seus pares, com os materiais didáticos e com os conhecimentos. As orientações e encaminhamentos do professor numa perspectiva dialógica e interativa são cruciais para configurar o ensino por investigação como uma abordagem didática, e, por este motivo, Sasserón (2015) explica que:

[...] o ensino por investigação extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica. Tomando-o como associado ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica, o ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e

realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (SASSERON, 2015, p. 58, grifos nossos).

O fato de o ensino por investigação vincular-se à prática do professor, conforme ressaltado por Sasseron (2015), possibilita transpor o seu campo de atuação para além da disciplina de ciências. Isso requer pensar que esta abordagem didática pode se fazer presente em aulas de diferentes disciplinas, desde que o professor valorize as interações em sala de aula e coloque em prática habilidades que orientem os alunos na resolução de problemas.

Bevins e Price (2016) também compreendem o ensino por investigação como uma abordagem e destacam que esta é a melhor forma para os estudantes alavancarem os seus conhecimentos e suas habilidades de investigação para questões que tenham formulado. Ainda para esses autores, esta abordagem oferece aos alunos uma melhor apropriação da sua aprendizagem e lhes permite navegar ativamente as rotas para uma maior compreensão, maior motivação, estimulando sua autoestima e sua capacidade de lidar com novos dados em um mundo cada vez mais complexo.

Deste modo, compreender o ensino por investigação como uma abordagem didática requer reconhecer que existe uma concepção epistemológica e pedagógica que norteia a prática de ensino do professor. Sendo assim, a relação entre sujeito e objeto de conhecimento pode ser entendida como aquela que ocorre de forma mediada pelo professor, tendo em vista que o sujeito da aprendizagem - o aluno, é considerado não neutro, social e epistêmico, pois tem a capacidade de produzir seus conhecimentos por meio das relações com os outros, com os materiais e conhecimentos, e com o mundo. Além disso, tal sujeito epistêmico interage com os objetos de conhecimentos, que são os problemas de natureza científica, através de ações que envolvem o fazer ciência (SOLINO; GEHLEN, 2014). Sobre isso, Kelly e Licona (*in press*) sinalizam que o sujeito epistêmico nessa abordagem didática está situado em uma comunidade de conhecedores e o processo de aprendizagem ocorre por meio da socialização de formas de ser, conhecer, interagir e participar, desenvolvendo assim significados sociais de termos, conceitos e procedimentos científicos.

Recentes trabalhos de Carvalho (2013) e Carvalho e Sasseron (2012) têm apontado para a necessidade de propor um ensino por investigação mais abrangente, de modo a trabalhar as atividades escolares de forma integrada, numa espécie de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs). Constata-se que há uma intenção das autoras em trabalhar a unidade conceitual a partir das atividades previstas pelas SEIs. Para Carvalho (2013), as SEIs podem ser definidas da seguinte forma:

[...] sequência de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

É sabido que, com o advento da perspectiva histórico-cultural nos estudos sobre educação, pesquisas em ensino de ciências têm recomendado promover aulas mais dialógicas e interativas que permitam aos estudantes vivenciarem práticas científicas próximas daquelas que acontecem nos espaços de produção do conhecimento (KELLY, 2008; 2011; SANDOVAL, 2014; JIMENEZ-ALEIXANDRE; BUSTAMANTE, 2007; SILVA; MORTIMER, 2009; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2014; NASCIMENTO; SILVA; FREIRE, 2014; SASSERON; DUSCHL, 2016). Conforme é possível observar, o que se propõe nas Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) é transformar o ambiente “comum” da sala de aula em um espaço investigativo, de modo que os alunos possam aprender conceitos a partir dos aspectos utilizados na atividade científica, ampliando gradativamente seus conhecimentos sobre esta cultura (CARVALHO, 2011a).

Ao vincular a aprendizagem dos estudantes a uma imersão na cultura científica, Jimenez-Aleixandre (2007) enfatiza a necessidade de transformar a sala de aula em “comunidades de aprendizagem”. Nessas comunidades, os processos investigativos não devem ser vistos como isolados, mas compartilhados culturalmente a partir de uma prática social. Além disso, não há apenas o envolvimento dos alunos na tarefa, mas um comprometimento e responsabilidade compartilhada entre professor e aluno, em que alguns elementos da investigação científica precisam estar presentes durante a apropriação de conhecimentos teóricos, como: resolver problemas, criar hipóteses, coletar e analisar dados, trabalhar em equipe; planejar ações, registrar observações, generalizar conceitos, *etc.*

Sendo assim, o ensino por investigação não é mais visto como uma construção individual de conhecimentos e nem tem o objetivo de transformar os alunos em cientistas, como era proposto em meados do século XX. A abordagem didática do ensino por investigação deve ser vista como um processo de construção coletiva, concretizado por meio de práticas sociais legitimadas por um grupo, as quais são constituídas por um conjunto de ações com propósitos comuns, com valores culturais, ferramentas e significados compartilhados (SILVA *et al.*, 2012; SILVA; MORTIMER, 2009).

Enquanto as ações dos alunos voltadas para a execução de atividades investigativas são conhecidas como práticas epistêmicas, outros autores têm considerado o termo “movimentos

epistêmicos” para se referir as ações realizadas pelos professores na condução dessa abordagem de ensino (SILVA *et al.*, 2012; SILVA; MORTIMER, 2009). Independente da terminologia adotada importa considerar que os aspectos epistêmicos realizados tanto pelos alunos quanto pelo professor são produzidos conjuntamente em aulas investigativas, ampliando as redes de significações científicas para ambos os sujeitos. Por isso que tão importante quanto o fim de uma investigação científica escolar é o percurso trilhado (SASSERON, 2013), pois é nesse caminho que professor e alunos negociam significados e ampliam seus conhecimentos. Tal caminho pode ocorrer de diferentes maneiras, a depender das ações, condições e do conhecimento de quem investiga. Além disso, o problema também ganha destaque no desenvolvimento dessas significações e das ações epistêmicas, tendo em vista que ele é o elemento central para o desenvolvimento da investigação. Na visão de Carvalho (2011a), o problema é importante para a construção do conhecimento e por isso deve ser utilizado nas atividades investigativas, de modo que seu conteúdo seja significativo para o aluno, isto é, que desperte a necessidade de investigá-lo.

Sendo assim, ao considerarmos o problema como gênese da atividade humana e científica, podemos afirmar que não há desenvolvimento de práticas epistêmicas em sala de aula se não houver problemas a serem resolvidos. Isso significa que o problema no ensino por investigação “além de possibilitar o contato destes [alunos] com as ferramentas científicas e a identificação de seus potenciais, deve voltar-se também para a apreciação da Ciência como construção humana” (CAPECCHI, 2013, p. 38).

Portanto, as atividades cognitivas e discursivas nas quais os alunos se engajam para resolver problemas são consideradas práticas epistêmicas, as quais correspondem aos passos dados no processo de construção dos conhecimentos científicos escolares (KELLY; LICONA, *in press*; NASCIMENTO, SILVA, FREIRE, 2014). Vale lembrar que essas práticas epistêmicas ocorridas no ambiente escolar têm particularidades que as diferem daquelas produzidas no âmbito da ciência, uma vez que as primeiras congregam normas e práticas inerentes a várias instâncias culturais, dentre elas, o contexto cotidiano, escolar e o científico. A proximidade dos contextos cotidianos e científicos no contexto escolar deve-se ao fato de a escola se configurar como um espaço propício de compartilhamento de significados culturais de diversas naturezas, e isso parece se aproximar daquilo que Claxton (2014, p. 243) afirmou que “a cultura epistêmica de uma escola é multifacetada”. Portanto, quando pensamos no ensino de ciências, há propostas que buscam aproveitar esse espaço de significação para que estudantes atribuam novos sentidos às suas ações, utilizando práticas típicas de atividades investigativas, comumente

encontradas na cultura científica ¹⁰, a exemplo da abordagem didática de ensino por investigação.

Gomez e Adúriz-Bravo (2007) defendem a necessidade de estabelecer em sala de aula uma atividade científica escolar como uma atividade cognitiva, discursiva e material situada. A aprendizagem em torno dos modelos teóricos escolares se realiza no contexto de uma atividade específica e determinada socialmente, pois nela, tanto as ferramentas (artefatos de laboratório, caderno, lousa, computador e outros) quanto as representações (tabelas, imagens, relatórios e outros) não são apenas um apoio ou recurso didático pedagógico, mas também são considerados como parte da tarefa cognitiva de construção de novos significados. Para esses autores, os alunos precisam construir modelos teóricos escolares sobre os fenômenos do mundo natural, a partir das práticas de observação, experimentação, argumentação, reformulação coletiva de ideias, apropriando-se de linguagens e instrumentos típicos da cultura científica. Eles afirmam que para uma atividade científica tenha sentido para os alunos é necessário que estes compartilhem uma cultura, por meio da participação em comunidades que atribuam significado à prática que estão realizando. É com base nessas ideias que os autores propõem o ensino de ciências como uma prática de ofício, cujas práticas sociais particulares são culturalmente e historicamente definidas no contexto escolar.

Com as discussões realizadas até aqui, mais uma vez reforçamos a ideia de que ensinar ciências nos dias atuais não deve se reduzir a uma tradicional educação propedêutica de conteúdos e conceitos científicos, mas deve priorizar a apropriação de conhecimentos teóricos pelos estudantes a partir de uma abordagem investigativa, carregada de significados culturais advindas tanto da ciência, da escola e do mundo. Entendemos que em aulas de ciências, esses significados culturais são negociados e compartilhados por meio de discursos e ações realizados pelos estudantes e professor, a fim de juntos construírem um cenário típico da cultura científica escolar (GOMEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2007). Sasseron (2015) explica que:

Não se trata de pensar em desenvolver a cultura científica entre os estudantes, que se encontram em uma cultura escolar. Trata-se de conceber uma *cultura científica escolar* que influenciaria a constituição de normas e de práticas em sala de aula que atendessem não apenas a regras que vertem e

¹⁰ A cultura científica pode ser manifestada por meio de normas e práticas legitimadas pela comunidade acadêmica em torno dos processos de produção, justificação e avaliação de conhecimentos. E, segundo as correntes epistemológicas atuais, é possível identificar o núcleo dessa atividade a partir de alguns exemplos de práticas sociais realizadas pelos cientistas, tais como: converter observações em evidências; resolver problemas; planejar formas de analisar os resultados; comunicar ideias; produzir argumentos coerentes; planejar ações; trabalhar em equipe; incorporar linguagens e símbolos dando novos sentidos às observações; entre outros. Essas formas específicas com que membros de uma comunidade científica inferem, justificam, avaliam e legitimam os conhecimentos podem ser trabalhadas no contexto das aulas de ciências (GÓMEZ; ADÚRIZ-BRAVO, 2007).

regem as situações didáticas, mas um conjunto de normas e práticas escolares próprias e adequadas às aulas de ciências da natureza explicitando esse hibridismo (SASSERON, 2015, p. 62, grifo da autora).

Cabe ressaltar ainda que o processo de significação do problema nessa abordagem didática parece manter relações com o desenvolvimento dessa cultura científica escolar, pois entende-se que os estudantes, ao atribuírem sentido ao problema, são capazes de investigá-lo, surgindo oportunidades e situações que os ajudam a colocar em cena o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Para Kelly (2008) e Kelly e Licona (*in press*) o engajamento dos alunos em práticas epistêmicas envolve a construção de significados entre as pessoas por meio do discurso. E o discurso é a linguagem em uso e inclui tanto a linguagem falada e escrita, quanto a utilização de sinais e símbolos, a exemplo da linguagem gestual.

Deste modo, ao considerarmos a importância da linguagem na construção de significados e sentidos em sala de aula, argumentamos a favor de que a perspectiva histórico-cultural, em especial os estudos de Vygotsky, podem nos ajudar a entender o processo de significação de problemas no contexto da abordagem didática do ensino por investigação. Consideramos que esta análise é necessária, principalmente porque tal abordagem visa alfabetizar cientificamente os estudantes e, por isso, investigar como os problemas são significados pelos alunos podem potencializar a ação pedagógica de professores de ciências que visam promover tal objetivo educacional.

No próximo capítulo, apresentaremos teoricamente a noção de problema em Vygotsky e discutiremos alguns elementos que permeiam o processo de significação de problemas no ensino de ciências.

CAPÍTULO 2

DIMENSÃO PEDAGÓGICA DO PROBLEMA EM VYGOTSKY E SEUS ELEMENTOS SIGNIFICADORES: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Neste capítulo procuramos articular principais pressupostos de Vygotsky para compreender o processo de significação de problemas, dirigidos especialmente para o contexto de ensino de ciências. Inicialmente apresentamos a natureza do problema nessa abordagem histórico-cultural e situamos a noção deste termo na perspectiva humanizadora e na dimensão epistemológica e pedagógica com base nos trabalhos de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012). Contudo, daremos atenção ao estudo sobre a dimensão pedagógica do problema, sobretudo aqueles que atuam como mediadores de segunda ordem em atividades de ensino, que tem como ponto de referência a conceituação científica. Discutiremos, ainda, alguns elementos importantes que podem contribuir para potencializar a significação desses tipos problemas em sala de aula.

2.1 O pensamento vygotskyano na abordagem de problemas no Ensino de Ciências

A inserção do teórico russo Vygotsky nas pesquisas em educação no Brasil é algo relativamente recente. No país, suas ideias começaram timidamente a aparecer na década de 70, mas só a partir de meados dos anos de 1980 que tivemos acesso às suas obras em versão português (MAINARDES; PINO, 2000; PRESTES, 2010), com os livros “A formação Social da Mente” e “Pensamento e Linguagem”.

A rápida difusão dos estudos de Vygotsky no país impactou o contexto de educação em várias áreas, especialmente as de ciências¹¹, ampliando de forma significativa as discussões nesse contexto disciplinar. Gehlen, Schroeder e Delizoicov (2007) ao analisarem produções acadêmicas publicadas nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), entre os anos de 1997 e 2005, perceberam um número considerável de trabalhos fundamentados em Vygotsky, sendo possível evidenciar algumas tendências em relação ao enfoque dado nos estudos, como as contribuições vygotskyanas na dinâmica discursiva e análise dos discursos, no currículo e na formação de professores.

¹¹ Segundo Prestes (2010), a edição norte-americana da obra de Vygotsky (Thought and language, 1962) demarca a chegada deste autor no Brasil, ao ser mencionada como referência bibliográfica em um artigo acadêmico publicado em 1986 na revista Ciência e Cultura, denominado “Ensino de conceitos em química. I. Matéria: exemplos de um sistema de conceitos científicos” – autoria de Mário Tolentino, Roberto Ribeiro da Silva, Romeu C. Rocha-Filho e Elizabeth Tunes.

Muito embora o pensamento deste autor tenha se disseminado significativamente nas pesquisas de educação em ciências, discussões sobre os conceitos apresentados por este referencial, segundo Prestes (2010), ainda carecem de interpretações “adequadas” ao seu pensamento original, bem como de aprofundamentos sobre alguns termos, a exemplo da noção de problema (GEHLEN, 2009) e da noção de mediação, interação social e desenvolvimento (PEREIRA; LIMA, 2014).

Ressaltamos que a noção de problema em Vygotsky não é algo facilmente identificado em suas obras, embora seja possível perceber que ele o tenha tomado como elemento importante nas suas investigações sobre o desenvolvimento das funções psíquicas superiores. Com base em seus estudos, sobretudo aqueles centrados na formação de conceitos, muitos pesquisadores vygotskyanos têm atribuído ao problema um papel fundamental no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, especialmente quando envolve processos da conceituação científica (GIL *et al.*, 1992; MORTIMER; SCOTT, 2002; VASCONCELLOS *et al.*, 2007; OLIVEIRA, 2010).

Nos estudos sobre educação científica balizados pelo referencial vygotskyano a noção de problema tem sido apresentada nas propostas de ensino sob duas maneiras: na forma de *estruturação curricular* e *artifício didático-pedagógico* (GEHLEN; DELIZOICOV, 2011). A primeira diz respeito ao problema quando é utilizado como referência para organizar a programação do currículo de ciências. E a segunda, quando o problema é utilizado como meio para desenvolver a conceituação científica em sala de aula. Grande parte dessas pesquisas, tais como aquelas que focam em Interações Discursivas¹² e Resolução de Problemas¹³, empregam os problemas de acordo com a segunda forma apontada, o que evidencia para Gehlen e Delizoicov (2011; 2013) e Gehlen (2009), uma ênfase dada pelos pesquisadores apenas aos processos que objetivam a conceituação científica durante a resolução de problemas. A autora afirma que tal cenário parece revelar uma limitação quanto ao entendimento mais amplo deste termo na perspectiva vygotskyana e sua aplicabilidade ao contexto educacional.

Gehlen e Delizoicov (2012) revelam que o significado do termo problema em Vygotsky pode ser ampliado para além da sua contribuição ao desenvolvimento mental do indivíduo, pois há indicativos em seus escritos quanto à dimensão epistemológica do problema, a qual envolve um processo mais amplo de humanização, para além do aprimoramento cognitivo. Os autores

¹² As pesquisas desse grupo abordam a noção de problema tendo como foco as interações entre sujeitos, sendo que a construção de conceitos científicos ocorre no âmbito das negociações de significados por meio da linguagem em sala de aula (GEHLEN; DELIZOICOV, 2011).

¹³ As pesquisas desse grupo abordam a noção de problema no contexto de atividades relativas à resolução de problemas fechados e abertos de lápis e papel, tendo como foco a construção de conceitos científicos (GEHLEN; DELIZOICOV, 2011).

baseiam-se em várias obras de Vygotsky (incluindo os livros, *Construção do Pensamento e Linguagem*; *Formação Social da Mente*; *Obras Escolhidas I, II, III, V*; *Psicologia Pedagógica*, entre outros), para compreender o papel e função do problema atribuído por este autor, bem como suas implicações para o ensino de ciências. Uma de suas conclusões é que a noção deste termo envolve um processo, cujo problema é o próprio objeto de conhecimento, em que o seu papel é ser gênese da produção e aquisição de novos signos, além de também atuar como mediador das relações entre os sujeitos e os novos objetos de conhecimentos. Tal entendimento se deve ao fato de Vygotsky ter utilizado as bases do materialismo histórico e dialético de Marx como fundamentos para seus estudos, indicando que o mesmo tinha uma preocupação especial em estruturar uma nova psicologia que buscasse explicar a formação da consciência humana a partir dos processos históricos vivenciados pelos sujeitos, bem como das relações de enfrentamento de problemas na produção e aquisição da cultura por meio da atividade humana (GEHLEN, 2009). Sendo assim, Gehlen e Delizoicov (2012) explicam que o homem se humaniza à medida que defronta com problemas significativos que os levam à produção de objetos culturais e à transformação de si próprio e, a partir disso, inferem que Vygotsky também considerou um processo amplo de desenvolvimento em suas pesquisas, ao sinalizar que os problemas enfrentados pelos homens, no seu processo de humanização impulsionaram a produção e apropriação de novos conhecimentos.

Wertsch¹⁴ menciona que o fato de Vygotsky e seus colegas estarem influenciados pela teoria marxista, era de se esperar que a análise de seus trabalhos fosse estendida para forças históricas e econômicas mais amplas, direcionadas à compreensão da existência humana (NEWMAN; HOLZMAN, 2002). O estudo desenvolvido por Luria (2010) na década de 30, sob orientação de Vygotsky, exemplifica tais preocupações com as influências do contexto socioeconômico no desenvolvimento cultural de habitantes analfabetos de regiões remotas da antiga União Soviética. Seu método de investigação partia de problemas que possibilitassem não só análise da atividade cognitiva dos sujeitos, mas também mudanças qualitativas na forma de pensar, possibilitando a formação de novos homens¹⁵, aspecto este que revela uma preocupação com o processo de humanização.

¹⁴ Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

¹⁵ Segundo Gehlen (2009), Vygotsky viveu num ambiente permeado de contradições sociais, a exemplo do analfabetismo. Suas preocupações se dirigiam para a ideia de constituir uma nova sociedade pós-revolução, com valores que preconizam a justiça social e a formação de um novo homem. Embora Vygotsky não tenha explicitado que sua teoria se relacionasse com os problemas sociais, há indicativos de que tais aspectos influenciaram seus pressupostos psicológicos, uma vez que a gênese e o desenvolvimento das funções psicológicas superiores são as relações sociais, presentes em um determinado contexto histórico-cultural, que também apresentam contradições acerca de uma determinada questão social, como no caso do analfabetismo.

Com base nessa perspectiva, a qualidade do problema relacionada ao processo de humanização e especialmente, à dimensão epistemológica, é explicada por Gehlen e Delizoicov (2013) e Gehlen (2009) de maneira aprofundada ao analisar três contextos de desenvolvimento humano, os quais envolvem as produções humanas no processo de hominização e individualização (Contexto Filogenético e Ontogenético); no processo científico (Contexto da Ciência) e no processo educativo de aquisição de conhecimentos historicamente produzidos pela humanidade (Contexto Escolar), conforme síntese expressa no Quadro 1 a seguir:

Processo de humanização	Contexto Filogenético e Ontogenético	Contexto da Ciência	Contexto Educativo
	Sob o ponto de vista do processo de desenvolvimento histórico-social dos homens, o problema é visto como gênese da produção (filogênese) e apropriação de novos signos (ontogênese). O problema, portanto, vincula-se ao objeto de conhecimento como <i>fonte e produto do saber</i> , além de ser mediador dos novos signos e aqueles já consolidados pela humanidade. É a partir do enfrentamento de problemas que têm sentido e significado para o sujeito, que o homem satisfaz suas necessidades e concretiza seus motivos, evoluindo historicamente e culturalmente.	Sob o ponto de vista da Ciência, o problema é entendido como a gênese de novos conceitos científicos na interação com aqueles já estabelecidos. É nesse âmbito que o problema vincula-se ao objeto de conhecimento como <i>fonte e produto do saber</i> , tendo como função principal ser gênese e mediador da produção e utilização dos conhecimentos científicos no contexto da Ciência. O problema nesse contexto também precisa ter sentido e significado para o sujeito, a fim de que gere nele a necessidade de produzir e adquirir novos conhecimentos científicos.	Sob o ponto de vista educacional, o problema é visto como ponto de partida para auxiliar os estudantes na apropriação dos conhecimentos historicamente produzidos pela humanidade. Nesse sentido, os conhecimentos a serem apropriados precisam ser selecionados com base em problemas que tenham sentido e significado para os estudantes na perspectiva da humanização, bem como necessitam ser mediadores das relações entre estudantes e o professor para auxiliar no processo de apropriação de novos conhecimentos.
	Visão macro	Visão micro	

Quadro 1: Noção de problema em Vygotsky, com base no estudo de Gehlen (2009).

Neste quadro ¹⁶ 1, é possível observar a visão macro e micro do processo de humanização na perspectiva vygotskyana, a qual encontra-se diretamente relacionada aos problemas enfrentados pelo homem em sua atividade humana. Gehlen e Delizoicov (2013) chamam atenção de que no contexto educacional de ensino de ciências, essa noção de problema relacionado ao processo de humanização não se encontra bem definida pelos pesquisadores que têm utilizado como referência os pressupostos de Vygotsky para fundamentar seus projetos de ensino. Isso pode ser explicado pelo fato do próprio teórico não ter aprofundado tal discussão em suas obras, o que dá margens à formulação de interpretações pouco aproximadas

¹⁶ Os três contextos que envolvem o processo de humanização serão melhor discutidos no item 2.2.1

das suas reais convicções e afiliações teóricas. Muitos pesquisadores, portanto, entendem o problema apenas como um recurso do processo de ensino e aprendizagem, ou seja, como um *artifício didático-pedagógico* para desenvolver nos alunos a conceituação científica, conforme aponta Gehlen (2009). Isso parece revelar que o caráter epistemológico¹⁷ do problema relacionado ao objeto do conhecimento como *fonte e produto do saber* (GEHLEN, DELIZOICOV, 2012) é algo pouco conhecido pelos pesquisadores vygotskyanos, evidenciando lacunas quanto a um entendimento mais aprofundado sobre este termo. Com o intuito de melhor compreender tal discussão apresentada por Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012) passaremos a tratar sobre o termo mediação, conceito central para o entendimento sobre a noção de problema em Vygotsky.

2.2 O conceito de Mediação na atividade humana

Uma das ideias centrais para compreender os pressupostos de Vygotsky sobre os processos de formação social da mente é o conceito de mediação. Para ele, todas as funções psicológicas superiores (atenção voluntária, abstração, generalização, memória ativa, ações conscientes e controladas, comportamento voluntário e intencional) são desenvolvidas a partir da atividade prática, culturalmente mediada. Sem as relações sociais mediadas os processos psicológicos dos indivíduos estariam limitados à sua maturação biológica e, portanto, as suas atividades se igualariam àquelas produzidas pelos animais (AZEVEDO, 2013).

O ato de mediar alguma coisa significa colocar-se entre algo; ou melhor, é um processo de intervenção que explica o conhecimento do homem sobre o mundo a partir de uma relação não direta (OLIVEIRA, 1993). Em outras palavras, o conceito de mediação compreende uma nova forma de resolver problemas, a qual não ocorre simplesmente de uma relação imediata entre sujeito e objeto de conhecimento.

Apoiado em Vygotsky, Pino (2001) explica o conceito de mediação considerando a relação entre três elementos: o sujeito conhecedor, o objeto a ser conhecido e o elemento mediador que torna possível o conhecimento, conforme esquema ($S < Z > O$), ilustrado na Figura 1, a seguir:

¹⁷ Refere-se à ideia de que o problema está relacionado à construção e apropriação de conhecimentos por parte do indivíduo. Tal discussão será explorada no item 2.3

Figura 1: Esquema de mediação entre sujeito e objeto

Na Figura 1, o elemento (Z) é caracterizado pela ferramenta de mediação, a qual compreende os signos¹⁸ e instrumentos. Embora estes possuam análoga função indireta (mediada) para solucionar um dado problema, tais ferramentas psicológicas se diferenciam quando à sua orientação: o signo atua no campo interno (psicológico) dirigindo, controlando e modificando as ações mentais do sujeito, enquanto que o instrumento atua no campo externo ao sujeito, auxiliando as ações concretas, provocando mudanças nos objetos e controlando os processos na natureza. Cabe ressaltar que a partir do desenvolvimento do homem essas atividades passam a se interrelacionarem, de modo que “o controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados” (VYGOTSKY, 2007, p. 55).

Para Vygotsky (2007), as funções mentais superiores se diferenciam das funções elementares, tendo em vista que as formas superiores de funcionamento mental são aquelas que envolvem a mediação a partir da criação e uso de estímulos artificiais e o funcionamento mental elementar é aquele diretamente determinado pela estimulação do ambiente. Para melhor compreender tal diferenciação, Pereira e Lima (2014) discutem a noção de memória natural e mediada com base em Vygotsky. A memória natural (que está situada no contexto das funções elementares) refere-se àquela obtida por experiências reais que surgem da influência direta de estímulos externos sobre os indivíduos, a exemplo de uma pessoa que aproxima sua mão da chama de uma vela e a retira rapidamente ao sentir dor. Neste caso, a memória situa-se na dimensão biológica do sistema nervoso humano, a qual é estabelecida por uma relação direta entre o calor da chama e a retirada da mão. Por outro lado, a memória mediada (que está situada no contexto das funções superiores) é aquela que permite incorporar estímulos artificiais em operações simples e complexas, modificando assim, a estrutura psicológica da memória, a exemplo do uso intencional de fitas amarradas nos dedos da mão para se recordar de algum evento. Essas formas superiores de memória resultam tanto do

¹⁸ Os signos podem ser configurados como marcas, códigos, sinais ou símbolos que representam objetos, fenômenos ou situações. Por exemplo, a palavra livro é um signo que representa o objeto livro; o símbolo H²O é o signo que representa a molécula química da água, assim como o código SOS é um signo que representa o sinal de socorro.

desenvolvimento mental vinculado ao processo de memória quanto do desenvolvimento de um método de memorização baseado no uso de signos (PEREIRA; LIMA, 2014).

Ao sistematizar a noção de mediação, Gehlen (2009) explica que o signo representa uma mediação de segunda ordem, colocado no interior da operação, transformando o processo simples entendido como estímulo-resposta, em uma relação complexa entre sujeito e objeto, aspecto que se diferencia qualitativamente da forma elementar de atividade humana:

Toda forma elementar de comportamento pressupõe uma reação direta à situação-problema defrontada pelo organismo – o que pode ser representada pela fórmula simples (S-R). Por outro lado, a estrutura de operações com signos requer um elo intermediário entre estímulo e a resposta. Esse elo intermediário é um estímulo de segunda ordem (signo), colocado no interior da operação, onde preenche uma função especial: ele cria uma nova relação entre S e R (VYGOTSKY, 2007, p. 33).

Para Oliveira (1992) o conceito de mediação semiótica inclui dois aspectos distintos, porém intrinsecamente relacionados: a representação mental e o caráter social dos sistemas simbólicos. A capacidade do homem de lidar com objetos reais do mundo a partir de representações mentais possibilita que o mesmo construa modelos mentais na ausência dos objetos concretos, que imagine coisas que não foram vivenciadas, que faça previsões para o futuro e que transcenda os limites dados pelo mundo sensível. Além disso, a autora destaca que a operação com sistemas simbólicos que relaciona sujeitos e objeto de conhecimento tem origem no social, especificamente na linguagem, a qual, segundo Rego (1995), é um signo mediador por excelência. E é a cultura que fornece aos homens os sistemas simbólicos de representação da realidade, possibilitando que as significações sejam construídas e apropriadas para interpretar o mundo.

Embora o signo seja uma ferramenta psicológica que auxilia o indivíduo a controlar suas ações mentais, ele pode também se constituir como uma marca externa que ajuda o homem a resolver problemas. Auxiliado pelos signos, o homem pode controlar intencionalmente a sua atividade psicológica e ampliá-la de forma qualitativa, possibilitando realizar diferentes tarefas que exigem atenção, memória, abstração, raciocínio, entre outros (REGO, 1995). Para tornar mais claro esse entendimento, Oliveira (1993) sinaliza que elaborar um diagrama para orientar a construção de um objeto ou fazer uma lista de compras por escrito são exemplos de signos mediadores que ajudam a melhorar nossa capacidade de armazenamento de informações e, conseqüentemente, potencializam nossa capacidade de controle da ação psicológica. Assim, os signos servem como meios auxiliares para os indivíduos influenciarem o comportamento humano (PEREIRA; LIMA, 2014).

Ao longo do desenvolvimento de cada indivíduo essas marcas externas dos signos passam a ser internalizadas, transformando-se em processos internos de mediação. Podemos, por exemplo, pensar no objeto carro, sem necessitar da sua existência física para lembrá-lo. Trabalhamos, portanto, com um conceito, uma imagem, uma palavra, algum tipo de representação que substitui um objeto real por outro ideal. Essas representações mentais passam a substituir os objetos do mundo real. Além disso, quando utilizamos a palavra carro o seu significado é compartilhado por várias pessoas de uma determinada cultura, daí dizer que a linguagem é um sistema simbólico fundamental na constituição do ser humano, pois ela “organiza os signos em estruturas complexas e desempenha um papel imprescindível na formação das características psicológicas humanas” (REGO, 1995, p. 53). Isso significa que:

[...] os signos são o produto do desenvolvimento histórico, no sentido de que eles não são inventados por cada indivíduo que os utilizam, nem são descobertos na interação independente dos indivíduos com a natureza. Ao contrário, eles são parte do contexto social e cultural em que os indivíduos estão imersos (PEREIRA; LIMA, 2014, p. 525-526).

De modo mais específico, Pereira e Lima (2014) sintetizam a mediação como o uso de meios auxiliares na solução de problemas psicológicos (lembrar, raciocinar, etc.) e por isso, afirmam que no contexto educacional o professor não pode ser reduzido ao papel de mediador, pois o mesmo não se caracteriza como signo, mas sim como agente ativo que utiliza da mediação para organizar e implementar suas atividades educativas.

A mediação, portanto, é o “meio pelo qual o indivíduo exerce ação sobre fatores sociais, culturais e históricos e sofre ação destes no curso da contínua atividade humana” (DANIELS, 2011, p. 15). Wertsch (1998) amplia a noção de mediação proposta por Vygotsky e direciona seu olhar para as ações mediadas culturalmente. Ele destaca que não é apenas o sujeito que se desenvolve, mas a própria ação mediada evolui no contexto da atividade humana. Ele chama atenção para os papéis desempenhados pelos sujeitos e pelos diferentes modos de mediação apropriados por eles, os quais estão integrados, sendo que um não existe sem o outro. Desse modo, a aprendizagem é vista como resultante de um conjunto de ações mediadas que podem variar constantemente no contexto escolar: entre professor e alunos; livros, cadernos; palavras, memórias, conhecimentos e pensamentos (AZEVEDO, 2013). Gehlen (2009) chama atenção ainda para o fato de que Vygotsky parece ter considerado outros elementos que constituem a mediação: os problemas a serem enfrentados pelos indivíduos.

2.2.1 – Compreendendo as relações entre Mediação e Problema

Ao fazer um estudo sobre a noção de problema em Vygotsky, Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012) constataram duas importantes funções, para as quais o teórico parece ter considerado em suas obras: o problema como a gênese do saber e o problema como mediador na produção e utilização de novos signos. Suas conclusões decorreram do fato de Vygotsky ter utilizado o conceito de mediação numa abordagem marxista para entender a origem e o processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores, sendo assim possível inferir sobre as relações entre a gênese da mediação e o problema vivenciado pelo indivíduo no percurso da sua humanização. Os autores explicam que a ideia de humanização baseada no viés marxista caracteriza-se como um processo relacionado a ação intencional do homem sobre a natureza, a qual é mediada por instrumentos e signos, decorrente da necessidade de os homens enfrentarem problemas reais e significativos. Nesta relação, o homem tem potencial de modificar a natureza, ao mesmo tempo em que é transformado. É, portanto, nesse processo de humanização e a ele atrelado o desenvolvimento psíquico do sujeito que o conceito de mediação em Marx apresenta sintonia com as ideias de Vygotsky, de acordo com a visão de Gehlen:

A mediação em Vygotsky também parece apresentar um caráter problematizador. Ou seja, o processo é análogo [ao processo de humanização pensado por Marx], envolve um problema que precisa ser enfrentado para que haja desenvolvimento cognitivo (GEHLEN, 2009, p. 35)

Gehlen (2009) explica que historicamente os homens procuraram enfrentar seus problemas (existenciais e de sobrevivência) no processo de humanização por meio de práticas sociais que envolviam a natureza, transformando o mundo e a si próprio. Tal fato indica que o conceito de mediação para Vygotsky parece carregar consigo não somente a apropriação da cultura, mas também a de determinados problemas que a geraram no processo de humanização, daí que o problema aparece como um elemento fundamental na origem da mediação. Nas palavras da autora, a relação entre problema-mediação na atividade humana pode ser compreendida da seguinte forma:

[...] a produção de cultura é realizada no enfrentamento de problemas, e a mediação, que é pressuposta na teoria de Vygotsky, leva consigo a apropriação da cultura e de determinados problemas que a geraram. Assim, parece razoável admitir que a mediação semiótica, propiciada pelo signo, está num contexto de relação que inclui o problema que deu origem ao signo. Logo, tanto o problema quanto o signo, parecem exercer um papel fundamental no processo de mediação (GEHLEN, 2009, p. 35, grifos nossos).

A partir desse argumento apresentado por Gehlen (2009) fica claro que o processo de mediação ocorre em razão da necessidade dos homens, na sua relação com a natureza, de enfrentarem problemas específicos ligados ao seu desenvolvimento histórico-cultural. Em outras palavras, a autora explica que o signo tem sua origem na história humana e se constitui como uma abstração construída no processo de enfrentamento de problemas significativos pelos homens. Tal argumento sobre o problema ser um elemento constituinte do processo de mediação semiótica se fundamenta tanto no caráter histórico e problematizador dos signos, quanto nas interações entre sujeito e objeto, tendo o signo, no campo psicológico, a função de estímulo de segunda ordem exercida nas relações entre o homem e o objeto (GEHLEN, 2009).

Conforme mencionamos na seção anterior, a relação mediada para Vygotsky (2007) passa de um processo simples (entendido como estímulo-resposta) a um ato complexo entre sujeito e objeto, cujo signo atua como mediador de segunda ordem, possibilitando o desenvolvimento e a organização das funções mentais superiores dos indivíduos. Tendo em vista a importância desta função mediadora, Gehlen (2009) chama atenção para a possibilidade de também pensar na mediação de primeira ordem, função esta não discutida claramente por Vygotsky. A autora infere a partir da citação de que “toda forma elementar de comportamento pressupõe uma reação direta à situação-problema defrontada pelo organismo” (VYGOTSKY, 2007, p. 33), que o problema assume esse tipo de mediação primeira, isso porque é ele que desencadeia uma nova relação entre sujeito e objeto, sendo o objeto o próprio problema. Desta maneira, o signo atua “como elemento mediador no enfrentamento de um determinado problema que, na visão de Vygotsky, auxilia no desenvolvimento das funções psicológicas superiores” (GEHLEN, 2009, p. 32-33).

Os signos, portanto, assumem funções de mediadores não somente no campo psicológico, o qual envolve o desenvolvimento das funções mentais, mas também no campo epistemológico, o qual se refere à produção e apropriação de novos conhecimentos. Com base em Pino (1995), Gehlen (2009) aprofunda essa discussão e compreende que o objeto de conhecimento colocado na relação com o sujeito pode ser a fonte e produto do saber e a configuração deste objeto na atividade humana apresenta relações significativas com o problema e as necessidades dos sujeitos. Sendo assim, o foco sobre a qualidade do objeto de conhecimento é um ponto chave para compreender o processo de humanização em Vygotsky e sua implicação para o contexto educativo, pois o mesmo mantém relações diretas com algum sentido e significado para o sujeito. Gehlen (2009) ainda explica que durante o enfrentamento de problemas na perspectiva da humanização novos artefatos culturais são produzidos e com isso o problema apresenta uma relação direta com a *fonte do saber* e os artefatos culturais com o *produto do saber* que num determinado momento histórico posterior podem passar a ser *fonte*

do saber para o sujeito. Deste modo, tanto os problemas significativos quanto os artefatos produzidos com base em um determinado problema mantem relações com o objeto de conhecimento.

Conforme síntese apresentada anteriormente no Quadro 1, vimos que durante a produção e apropriação de novos signos no contexto da filogênese/ontogênese¹⁹ e novos conceitos científicos no contexto da Ciência, o objeto de conhecimento se constitui em problemas significativos para os homens, oriundos de suas necessidades existenciais, tanto biológicas quanto culturais. Deste modo, o problema numa dimensão epistemológica é visto como objeto de conhecimento e gênese do processo de mediação, uma vez que está vinculado à produção de novos signos e novos conceitos científicos na relação com aqueles já consolidados pelos homens. Isto é, o problema é considerado fonte do conhecimento, sendo ponto de partida na geração e aquisição de novos conhecimentos. E é com base na relação entre os novos signos ou novos conceitos e aqueles já consolidados pela humanidade que torna o problema mediador de primeira ordem, pois é ele, como afirmamos anteriormente, que desencadeia, propicia e engendra a produção e aquisição de novos conhecimentos (GEHLEN, 2009).

Seguindo essa lógica construída acerca do problema numa dimensão epistemológica no contexto filogenético/ontogenético e na Ciência, Gehlen (2009) ainda acrescenta que no contexto educativo o problema também deve ser o ponto de partida da apropriação de conhecimentos pelos estudantes, sendo que a mediação entre os conhecimentos espontâneos e os científicos é feita pelo próprio problema. Embora as discussões apresentadas por Vygotsky não abordem a relação problema-mediação em processos que envolve ensino e aprendizagem escolar, Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2013) assumem a hipótese de que os indícios apresentados na teoria vygotskyana acerca da dimensão epistemológica do problema podem contribuir na estruturação de propostas curriculares, especialmente de ensino de ciências. Neste caso, os problemas a serem enfrentados pelos alunos em sala de aula se tornam um elemento crucial a ser pensado nas propostas de ensino, o qual requer um planejamento adequado com critérios relevantes de seleção do problema que levem em consideração as necessidades reais dos estudantes na perspectiva da humanização. A proposição desses autores parece apresentar correspondência com as ideias de Vygotsky (2009) no excerto a seguir, pois o mesmo destaca que os problemas que o meio social coloca para os sujeitos, bem como as necessidades e objetivos, o motivam e o levam a dar um salto qualitativo no seu desenvolvimento psíquico:

¹⁹ Filogênese – história da evolução da espécie humana/Ontogênese – história do desenvolvimento do indivíduo

É precisamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade que surge e é estimulada, dos objetivos colocados perante o adolescente que o meio social circundante o motiva e o leva a dar esse passo decisivo no desenvolvimento do seu pensamento. [...] os problemas que o meio social coloca diante do adolescente em processo de amadurecimento e estão vinculados à projeção desse adolescente na vida cultural, profissional e social dos adultos são, efetivamente, momentos funcionais sumamente importantes que tornam a reiterar o intercondicionamento, a conexão orgânica e a unidade interna entre os momentos do conteúdo e da forma no desenvolvimento do pensamento (VYGOTSKY, 2009, p. 171, grifos nossos).

Embora essas indicações ajudem a interpretar a qualidade do problema no contexto educativo, Vygotsky não apresenta em suas obras a característica de problema a ser abordado no processo de ensino e aprendizagem, sobretudo durante a internalização dos conceitos científicos. Todavia, Gehlen (2009) ressalta que essas sinalizações são importantes principalmente para compreender que a sua abordagem de problema tem por base a perspectiva de Marx, relacionada ao processo de humanização, conforme já discutimos. Dessa forma, o problema para Vygotsky, no contexto didático-pedagógico, pode ser interpretado sob o viés de relações com o meio e a vivência dos sujeitos, e por este motivo, é fundamental que educadores considerem a qualidade do problema no âmbito das práticas educativas para além de se pretender a abordagem da conceituação científica (GEHLEN, 2009). Como possibilidade de concretizar tal objetivo educacional, a autora propõe uma inversão de organização dos planejamentos de ensino, indicando que os conceitos ou conteúdos disciplinares das ciências (química, física, biologia) sejam selecionados com base em problemas significativos.

Os conhecimentos a serem apreendidos pelos estudantes necessitam ser selecionados e estruturados mediante determinados problemas significativos para eles e que potencialmente mediatizam, através de processos pedagógicos orientados pelo educador, a apropriação de conceitos científicos (GEHLEN, 2009, p. 59, grifos nossos).

Cabe ressaltar que os “problemas significativos” para Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012) referem-se àqueles situados no contexto macro, isto é, problemas mais amplos que envolvem a realidade sociocultural dos estudantes e que estão atrelados às necessidades prementes de superação, tais como problemas relativos às contradições sociais, à temas controversos, à problemas ambientais, etc. Esses problemas mais amplos, na visão dos autores, são fundamentais para estruturar o currículo de ciências numa perspectiva humanizadora, tendo em vista que os problemas micros (a exemplo dos problemas conceituais, referentes a temas específicos de conteúdos de ciências) podem ser elencados sempre como

dependentes daqueles. Para melhor compreender essa discussão sobre a qualidade de problemas em propostas de ensino de ciências, Gehlen (2009) explica as mediações de primeira e de segunda ordem no contexto educativo, as quais estão diretamente relacionadas aos modos de planejamentos e propósitos de ensino que dimensionam a estruturação e organização do processo didático-pedagógico pelo professor.

2.2.2 Ordens de Problemas Mediadores no contexto educativo

Nos estudos sobre a relação entre problema-mediação, Gehlen (2009) constatou duas ordens de problemas mediadores que podem estruturar o processo de ensino e aprendizagem de ciências: a mediação de primeira ordem e a de segunda ordem.

A *mediação de primeira ordem* contempla as classes de problema numa abordagem temática, em que a conceituação científica não é o ponto de partida para organizar o currículo escolar e as atividades. A referência são os temas que abrangem problemas existenciais vivenciadas pelos estudantes, fruto de um determinado momento histórico, os quais são decorrentes de necessidades reais dos educandos. Gehlen (2009) sinaliza para o fato de que os problemas que emergem de contradições sociais e que são pontos de partida da programação curricular constituem-se como problemas de primeira ordem, uma vez que estes se configuram como o próprio objeto a ser desvelado pelos alunos, bem como gênese do processo de apropriação de novos conhecimentos. Isto é, a seleção e estruturação dos conceitos científicos estão subordinadas a um problema situado historicamente e que tem sentido e significado para os estudantes na perspectiva da humanização. Deste modo, a relação entre problema-conceito é de primeira ordem, tendo como ponto de partida o problema, o qual constitui-se como o próprio objeto de conhecimento, além de também cumprir o papel de mediador entre os conhecimentos do professor e os conhecimentos dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. Exemplos de *problemas mediadores de primeira ordem* trabalhados em aulas de ciências podem ser encontrados em estudos que têm utilizado como referência Paulo Freire²⁰, os quais buscam considerar aspectos de uma participação mais democrática e humanizadora na construção curricular, levando em consideração as necessidades reais e contradições locais da comunidade (GEHLEN, 2009). Na proposta freireana, os problemas de primeira ordem são sintetizados em temáticas significativas, as quais abrangem situações contraditórias envolvendo injustiças sociais vivenciadas pelos estudantes e/ou comunidade local, por

²⁰ Em seu estudo, Gehlen (2009) buscou articular aspectos epistemológicos e pedagógicos entre Vygotsky e Paulo Freire.

exemplo: “Lixo como condição humana e condição de vida” (FURLAN, *et al.*, 2011); “Armas: segurança ou insegurança?” (TAVARES; BENEDITO; MUENCHEN, 2013); “Consumo de água na comunidade do Banco da Vitória” (SOUSA *et al.*, 2014). A partir dessas temáticas, algumas questões problematizadoras e significativas são trabalhadas, vejamos um exemplo do estudo de Sousa *et al.*, (2014): *“De que forma sabemos que a água do rio não está poluída? Quando não há lixo boiando no rio podemos afirmar que ele está limpo? Por quê?”; “Quais os cuidados que devemos ter no uso de águas que podem estar contaminadas?”*. É importante destacar que tais problemas são considerados mediadores de primeira ordem, porque o seu critério de seleção depende dos problemas reais, contraditórios, vivenciados pelos alunos, constituindo como ponto de partida para organizar a programação curricular. Neste caso, os conteúdos científicos a serem trabalhados (tais como: água, poluição, nascentes, rios, lixo, entre outros) são selecionados em função do problema mais amplo sintetizado no tema.

Na *mediação de segunda ordem*, a referência do processo de ensino e aprendizagem está nos conceitos científicos. Ou seja, o critério de seleção e estruturação dos problemas a serem trabalhados nas atividades de sala de aula segue orientação da conceituação científica, enquadrando-se, geralmente, na abordagem conceitual de ensino. Neste caso, os problemas mantêm uma certa relação com os conceitos, sendo estruturados com base em conteúdos disciplinares de ciências. Assim sendo, há uma relação entre problema-conceito, porém, o processo didático pedagógico tem como ponto inicial a conceituação científica, diferente da mediação de primeira ordem. Exemplo de problemas mediadores de segunda ordem trabalhados em aulas de ciências podem ser encontrados nos estudos de Gil *et al.*, (1992), *“um carro começa a frear ao ver a luz amarela, que velocidade terá no semáforo?”; “O trem vai bater na pedra que se encontra no meio dos trilhos?”*; de Clement (2013), *“qual o consumo mensal de energia elétrica em sua escola?”; “Quantas montagens diferentes de circuito você consegue fazer de forma a acender uma lâmpada?”* e de Azevedo (2004) *“o que acontece com a temperatura da água quando a aquecemos? O que influi na temperatura da água?”*. Reiteramos mais uma vez que os *problemas mediadores de segunda ordem* têm como critério de seleção os conceitos/conteúdos científicos e por isso são considerados por Gehlen (2009) como problemas conceituais.

Gehlen e Delizoicov (2011) fazem críticas aos pesquisadores que defendem apenas esse tipo de problema nas propostas de ensino fundamentadas em Vygotsky. Para os autores, embora o problema na sua relação com os conceitos possa até constituir-se como objeto de conhecimento, é comum que a sua função seja reduzida apenas a *artifício didático-pedagógico*, isto é, como um meio para os alunos se apropriarem dos conceitos científicos, aspecto este que, segundo os autores, se distancia da perspectiva de humanização e da dimensão epistemológica

presente na noção de problema situada por Vygotsky. As características desses dois tipos de mediações de problemas podem ser sintetizadas no Quadro 2 a seguir:

Problemas mediadores de primeira ordem	Problemas mediadores de segunda ordem
Critério de seleção: problemas que tenham sentido e significado para os estudantes. Tais problemas emergem de contradições sociais e necessidades existenciais da comunidade local.	Critério de seleção: problemas que tenham relações com conteúdo e conceitos científicos definidos a partir de temas disciplinares de ciências. Podem apresentar relações ou não com o cotidiano dos estudantes.
Apresentam uma dimensão epistemológica ao ser constituído como objeto de conhecimento e gênese da produção de novos significados pelos alunos.	Geralmente apresentam o papel de artifício didático-pedagógico para motivar os alunos na tarefa e leva-los à conceituação científica.
Os problemas estruturam a programação curricular, tendo os conceitos científicos subordinados a eles.	Os conceitos ou temas de ciências estruturam a programação curricular, tendo os problemas conceituais subordinados a eles.
Medeiam as relações entre os conhecimentos dos alunos e os conhecimentos do professor.	Medeiam as relações entre os conhecimentos dos alunos e os conhecimentos do professor.
Foco na humanização dos estudantes. O desenvolvimento cognitivo está atrelado ao processo de humanização.	Foco no desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Quadro 2: Características gerais dos problemas mediadores de primeira e de segunda ordem com base nos estudos de Gehlen (2009)

Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2011) salientam que Vygotsky não esclarece como pode ser selecionado um determinado problema no contexto educativo e nem como abordá-lo em sala de aula. No entanto, os autores defendem a ideia de que o processo didático-pedagógico necessita ser sistematizado tendo como base as duas ordens de mediação, desde que o problema de primeira ordem seja ponto de referência da organização do currículo, buscando garantir não somente o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mas também a sua humanização, ao tratar de problemas relativos às suas reais vivências e necessidades concretas.

Nessa perspectiva, é notória a importância que os *problemas mediadores de primeira ordem* exercem no direcionamento dos processos de ensino e aprendizagem, principalmente em relação ao desenvolvimento do objetivo educacional voltado para a ideia de humanizar os sujeitos à medida que enfrentam os problemas significativos do seu mundo. Por outro lado, dada a importância dos estímulos de segunda ordem no processo de mediação discutido por Vygotsky, os autores entendem que os problemas conceituais caracterizados como *mediadores de segunda ordem* também são fundamentais para ajudar os alunos no seu processo de enfrentamento e superação, desde que, segundo Gehlen (2009), estejam subordinados aos mediadores de primeira ordem.

A autora chama atenção para a necessidade de considerar a qualidade do problema no ensino de ciências em propostas que estão baseadas na perspectiva vygotskyana. Reiteramos que tal qualidade pressupõe especial atenção não somente aos *problemas de primeira ordem*, os quais estão diretamente relacionados a perspectiva da humanização, mas também aos *problemas de segunda ordem*, devido ao fato de serem necessários para o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes. Tendo em vista que grande parte deles são configurados levando em consideração temas ou tópicos de conteúdos de ciências, não especificamente voltados para as questões socioculturais vivenciadas pelos estudantes, cabe-nos questionar se é possível torná-los significativos para os alunos sob o ponto de vista cognitivo. Com isso, indagamos: *quais elementos podem contribuir para a significação desses problemas, uma vez que estes são necessários para ajudar os estudantes a enfrentarem os problemas mediadores de primeira ordem na perspectiva da humanização?* Entendemos que tal questão pressupõe identificarmos, com base em Vygotsky, elementos importantes que podem potencializar a significação dos problemas conceituais, mas para isso, faz-se necessário, antes, discutirmos os processos que envolvem a aprendizagem e o desenvolvimento humano, bem como a ideia de significação e suas relações com o enfrentamento e solução de problemas.

2.3 A aprendizagem e desenvolvimento das Funções Psíquicas Superiores no processo de enfrentamento/solução de problemas

Em discussões anteriores, mencionamos o fato de Vygotsky sempre ter procurado entender o desenvolvimento humano na relação com os processos histórico-culturais. Para ele, as explicações fundadas apenas em leis biológicas reduziam e muito a compreensão sobre a formação intelectual do indivíduo e, por isso, os processos sociais de instrução e aprendizagem humana passaram a ser vistos como elementos fundamentais para o desenvolvimento.

Em suas proposições, Vygotsky (1987; 2007) argumentou que a aprendizagem e desenvolvimento não são processos únicos e nem independentes, mas sim uma unidade com complexas inter-relações, sendo que o desenvolvimento depende da aprendizagem e a aprendizagem depende do desenvolvimento. Embora sejam considerados uma unidade dialética, ambos caminham de maneira distinta, tendo em vista que a aprendizagem não se limita a seguir os passos do desenvolvimento. Isso quer dizer que o sentido da existência da aprendizagem se justifica pelo fato dela se movimentar sempre à frente do desenvolvimento, impulsionando a formação de novas funções mentais e é por isso que “a aprendizagem seria

completamente desnecessária se simplesmente utilizasse o que já amadureceu no processo de desenvolvimento” (VYGOTSKY, 1987, p. 212).

Sendo assim, Vygotsky (2007) formulou duas importantes hipóteses para sustentar tal argumentação: i) aprendizagem e desenvolvimento são processos diferentes, porém, existe uma unidade entre eles. Daí dizer que “o aprendizado não é desenvolvimento [...]”. O aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas” (VYGOTSKY, 2007, p. 103); ii) aprendizagem e desenvolvimento não são realizados em igual medida. O desenvolvimento sempre avança de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizagem. Na perspectiva histórico-cultural, os processos de desenvolvimento são impulsionados pelo aprendizado. Ou seja, o sujeito só amadurecerá, se ele aprender (REGO, 1995).

Ao explicar a origem do funcionamento mental superior, Vygotsky (2007) afirma que este ocorre a partir da relação entre o social e o individual. Para ele, o desenvolvimento cultural do indivíduo aparece duas vezes, isto é: primeiro no nível interpsicológico entre as pessoas e depois no nível intrapsicológico, no interior do sujeito. Em outras palavras, no nível interpsicológico as interações entre os indivíduos são mediadas pelos sistemas culturais de representação, já no nível intrapsicológico há uma reconstrução interna na mente do sujeito a partir de uma operação externa realizada com objetos em interação (GEHLEN, 2009). Essa lei geral do desenvolvimento é o ponto chave para compreender o papel da aprendizagem.

Vygotsky (2007) compreende o aprendizado humano como um processo que envolve uma experiência social em que os indivíduos penetram na vida intelectual daqueles que a cercam. Para ele, o aprendizado das crianças não pode ser direcionado para o passado, para aquilo que já foi desenvolvido, mas para o futuro, pois o bom aprendizado é aquele que se adianta ao desenvolvimento. Um exemplo da aprendizagem conduzindo desenvolvimento, é quando a criança é capaz de se envolver volitivamente e com consciência na atividade, em vez de só espontaneamente. Esse tipo de aprendizagem não pressupõe *a priori* uma motivação interna da criança para se engajar em alguma tarefa, isso porque o interesse surge em decorrência da própria aprendizagem. É por isso que Vygotsky defende que as crianças precisam aprender para serem motivadas e não o contrário, como muitos educadores acreditam, pois a motivação é consequência da aprendizagem e não algo interno e inato ao sujeito (NEWMAN; HOLZMAN, 2002). Com base nesse entendimento, os problemas mediadores de primeira e segunda ordem não devem ser pensados para compor atividades com a finalidade de motivar “antecipadamente” os alunos, o que importa sob o ponto de vista vygotskyano, é o processo, o qual precisa ser significativo para os estudantes se motivarem ao longo da atividade.

Mas de que modo a aprendizagem traz à tona o desenvolvimento? Vygotsky (2007) responde a esta pergunta introduzindo o conceito da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Ele formula este conceito para explicar a relação entre os processos maduros e aqueles em maturação, definindo como:

[...] aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamados “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, em vez de “frutos” do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente (VYGOTSKY, 2007, p. 98).

Assim, os processos maduros são aqueles encontrados na zona de desenvolvimento real do indivíduo, isto é, quando uma criança consegue resolver, sozinha, um determinado problema situado historicamente. Os processos em maturação são aquelas funções que potencialmente poderão vir a ser desenvolver, isto é, quando uma criança consegue resolver o problema, por meio da ajuda ou colaboração.

Nas relações entre aprendizagem-desenvolvimento que ocorrem por meio das interações entre professor-aluno e aluno-aluno no contexto escolar o papel do outro ganha destaque para compreender a ideia de ZDP. Góes (2001) aponta que o outro contribui tanto no nível de desenvolvimento real do sujeito quando no nível de desenvolvimento proximal. Nessa relação de ajuda entre o eu e o outro nem sempre são vistas como harmônicas, pois muitas vezes as tensões, os conflitos, as oposições e contradições de ideias se manifestam durante o processo de aprendizagem. Deste modo, “qualquer que seja a característica da interação que conduza ao processo de ensino-aprendizagem [...] caracteriza-se como ajuda” (GEHLEN, 2009, p. 159-160). É, portanto, no âmbito da ajuda do outro, que a ZDP potencializa a atribuição de novos significados pelos sujeitos, passando a ressignificar os conhecimentos já elaborados por eles.

Para avaliar o desenvolvimento mental dos indivíduos, Vygotsky (2007) destaca que não devemos nos ater apenas ao seu nível real. O estado de desenvolvimento mental de uma criança só pode ser verdadeiramente avaliado se levar em consideração os dois níveis, real e potencial, de desenvolvimento.

No contexto educacional, há diferentes interpretações dadas à ZDP, sendo que muitas delas se distanciam da formulação original de Vygotsky, incluindo aquelas proposições de caráter maturacionistas implícitas das quais é derivada a ideia de que a ação do outro contribui para realizar o potencial que supostamente já é inato à criança (GOES, 2001). Em seus estudos

experimentais, Vygotsky (2007) tem constatado que crianças de idades cronológicas semelhantes podem lidar com problemas que exigem níveis mentais diferentes. Portanto, o diagnóstico do desenvolvimento e da aprendizagem dos alunos devem ser avaliados levando em consideração as variações individuais que decorrem das particulares vivências no contexto social, e esta diferença é o que determina a ZDP.

Quando se demonstrou que a capacidade de crianças com iguais níveis de desenvolvimento mental, para aprender sob a orientação de um professor, variava enormemente, tornou-se evidente que aquelas crianças não tinham a mesma idade mental e que o curso subsequente de seu aprendizado seria, obviamente, diferente (VYGOSTKY, 2007, p. 97).

Newman e Holzman (2002) salientam que o fato da Zona de Desenvolvimento Proximal carregar consigo o termo “zona”, isto não significa que ela represente um determinado lugar a ser alcançado. Ela é, especificamente, uma unidade histórica, uma atividade revolucionária, a qual representa a “aprendizagem-e-desenvolvimento” na sua historicidade. Portanto, a ZDP só pode ser criada ou produzida através da participação de atividades socioculturais históricas, em ambientes que exijam funções menos amadurecidas e aprendizagem coletiva. Para Gehlen (2009), a compreensão sobre a relação entre aprendizagem-desenvolvimento envolve o processo de apropriação de conhecimentos. Nesse sentido, a autora afirma que “a ZDP se configura como uma ação pedagógica que leva a novos níveis de desenvolvimento, com base em Vygotsky, proporcionado pela aprendizagem de novos conhecimentos” (p. 157). Mas de que maneira a “aprendizagem-e-o-desenvolvimento” estão relacionados ao processo de enfrentamento e solução de problemas?

Já afirmarmos que a maior parte do desenvolvimento que experimentamos enquanto sujeitos culturais se produz graças aos diferentes problemas que estão próximos de uma prática social de vivência que enfrentamos e solucionamos no decorrer das nossas vidas. Em comentários anteriores, discutimos que o enfrentamento e solução de problemas quando utilizado como *artifício didático-pedagógico* em sala de aula vem geralmente atrelado ao objetivo de potencializar apenas aprendizagem conceitual dos estudantes. Por outro lado, ressaltamos que para Vygotsky o enfrentamento e solução de problemas vai além do aprimoramento cognitivo do sujeito, tendo a aprendizagem e desenvolvimento envolvidos em um amplo processo de humanização, em que ao resolverem problemas específicos, os homens se humanizam (GEHLEN, 2009).

Cabe ressaltar que a passagem do nível atual de entendimento do estudante para um nível maior de complexidade pode ser potencializada pela problematização, no sentido

freireano da expressão, tendo em vista que a mesma carrega consigo elementos do problema na perspectiva da humanização (GEHLEN, 2009). Gelhen (2009) sinaliza para o fato de que existe correspondência entre a categoria psicológica da ZDP e a categoria pedagógica da problematização, a qual no âmbito das práticas escolares passa a assumir o papel de mediadora entre os níveis de desenvolvimento real e proximal dos estudantes.

Em vista do exposto, entende-se que a criação de novas zonas de desenvolvimento proximal ocorre a partir de problemas que tenham sentido e significado para os estudantes, e que sejam passíveis de resolução colaborativa. Embora consideremos que a criação de zonas de desenvolvimento proximais em sala de aula não seja uma tarefa trivial para o professor, tendo em vista a complexidade e a heterogeneidade dos atores que compõem esse espaço, compreendemos que tomar conhecimento de alguns elementos desencadeadores de problemas significadores pode contribuir para alavancar o processo educacional de ciências, especialmente no que diz respeito às propostas de ensino que abordam os *problemas mediadores de segunda ordem* como ponto de partida em suas atividades.

Estudiosos que se baseiam em Vygotsky, mas que não discutem o problema nessa perspectiva humanizadora, têm realizado pesquisas que ajudam a repensar as potencialidades do uso de problemas em aulas de ciências e seus efeitos para o desenvolvimento dos estudantes, a exemplo de Labarrere e Quintanilla (2002) e Labarrere (2002). Embora os autores mencionem apenas a abordagem de problemas que tenham como referência a conceituação científica, suas proposições teóricas chamam atenção, porque levam em consideração aspectos que ajudam a ressignificar o uso do *problema mediador de segunda ordem* para além da sua instrumentalização na abordagem de conceitos.

Eles explicam que durante o enfrentamento de problemas²¹ os alunos passam por situações que refletem o movimento em diferentes planos de desenvolvimento, não somente conceitual, mas também de caráter afetivo e social, os quais dependem de vários fatores, tais como: do objeto da atividade, dos procedimentos e critérios, da natureza das ações e dos produtos que se obtém a partir dela. Nesse sentido, propõem três planos fundamentais que

²¹ A ideia de problema apresentada por esses autores parece estar vinculada à mediação de segunda ordem, discutida por Gehlen (2009), uma vez que atribui importância aos problemas científicos em aulas de ciências e não menciona o caráter estruturador do mesmo na programação curricular. Nesse sentido, os autores não deixam claro qual o critério de seleção desses problemas científicos, uma vez que o seu interesse principal está nas discussões relacionadas aos processos de solução e enfrentamento de problemas, considerada como uma das vias principais que possibilita a formação e avaliação do desenvolvimento de capacidades científicas dos estudantes (LABARRERE; QUINTANILLA, 2002; LABARRERE, 2002).

influenciam no desenvolvimento dos estudantes ao solucionarem problemas, quais sejam: instrumental-operativo; pessoal-significativo e o relacional-social.

O primeiro é quando os recursos para resolver um problema conceitual estão focados no conteúdo, nas relações que os caracterizam, nas possíveis soluções, estratégias e procedimentos. O seu objetivo é representar aquilo que trata o problema, as relações que mantem entre os dados e os instrumentos que convencionalmente possibilitam a sua resolução (fórmulas, cálculos, gráficos, tabelas, axiomas, etc.). O segundo, refere-se aos processos e estados pessoais que passam a ser o centro da atenção dirigida do estudante, focando na construção dos significados e sentidos dos conteúdos presentes no problema, vinculados com o seu contexto. O terceiro envolve não somente a trama das relações dos processos comunicativos na solução grupal dos problemas, mas também o conhecimento e a representação que os sujeitos fazem dessas interações na solução dos problemas em questão ou para os próprios processos formativos nos quais estão envolvidos.

Os autores destacam ainda que durante o processo de significação em aulas de ciências o sujeito pode movimentar-se em um desses planos ou pode transitar de um para outro a depender das finalidades determinadas pelo professor. Nesse sentido, o deslocamento por algum desses planos pressupõe certa “desconexão” mais ou menos duradoura de um dos níveis, uma vez que a ação dos sujeitos em torno deles requer um trabalho consciente, sendo impossível que todas essas finalidades apareçam conjuntamente na consciência dos alunos e do professor em igual medida.

Todavia, em alguns momentos os planos podem ocorrer de forma simultânea, por exemplo, ao mesmo tempo que o estudante se preocupa com o conteúdo do problema e seus procedimentos pode, também, solicitar ajuda para o professor ou colega, transitando assim, entre os planos instrumental e relacional. Nesse caso, um dos planos assume uma função retora (ênfase principal) e outros podem assumir a função subordinada. Se o objetivo do professor é que o aluno adquira habilidades para resolver o problema se apropriando dos instrumentos de solução (fórmulas, gráficos, tabelas) então a função retora estará posta no plano instrumental-operativo. Se por outro lado, o professor se preocupa com o desenvolvimento das crenças dos estudantes e com as atitudes positivas para a solução do problema, então o plano pessoal-significativo torna-se a ênfase principal. Os autores defendem que o enfrentamento e solução de problemas deve ser concebido como trânsitos do estudante e do professor entre esses três planos integrados, formando uma espécie de unidade, para assim potencializar o desenvolvimento intelectual dos sujeitos. Nesse sentido, o papel do professor no âmbito dos trânsitos dos estudantes entre os três planos integrados de enfrentamento de problemas conceituais (instrumental, relacional e social) é fundamental, pois possibilita que os alunos

construam novas interlocuções com o mundo e ressignifiquem suas ações para além do objetivo instrumental.

Ressaltamos novamente que as discussões trazidas por Labarrere e Quintanilla (2002) e Labarrere (2002), embora não estejam na mesma linha da noção de problema em Vygotsky apresentada por Gehlen (2009), são relevantes porque avançam acerca da função que os *problemas mediadores de segunda ordem* podem exercer na organização do conhecimento do estudante, indo além de uma aprendizagem conceitual muitas vezes pautada numa educação instrumental, a qual objetiva preparar o indivíduo para o mundo mediante a competência técnica de resolver problemas, não importando a dimensão social do processo formativo. A instrumentalização inibe de certa forma a capacidade do sujeito ler e interpretar a realidade de forma crítica, colocando-se a serviço de um conhecimento objetivo, sem espaços para atribuição de sentidos (GOERGEN, 2010).

2.4. O processo de significação e suas interfaces com o enfrentamento/solução de problemas em aulas de ciências

A questão do significado ocupa um lugar central nas análises de Vygotsky (1996; 2009a) sobre os estudos da relação entre linguagem e pensamento. É no significado que encontramos a unidade da linguagem e do pensamento generalizante, daí dizer que ele é um fenômeno desses dois processos. É por meio da palavra que o pensamento se realiza, embora a linguagem não seja capaz de expressar totalmente aquilo que é pensado pelo homem. Assim sendo, o pensamento é um processo interno mediado pelos significados, o qual se encontra em permanente trabalho (VYGOTSKY, 1996; 2009a).

Ao basear-se nos métodos e princípios do materialismo histórico e dialético, Vygotsky (1996) viu o pensamento marxista como uma fonte científica valiosa para solucionar as ideias paradoxais que defrontavam seus contemporâneos sobre o estudo da consciência²². O método central dessa teoria é que todos os fenômenos deveriam ser estudados como processos em movimento e em mudanças tanto qualitativas quanto quantitativas.

Partindo desse princípio, Vygotsky (1996) defendeu ao longo dos seus estudos a consciência humana como algo integral e mutável, a qual se desenvolve juntamente com as

²² Vygotsky (1996) não concordava plenamente com as explicações dadas pela psicologia moderna que tratavam a consciência como algo fora do sujeito. Alguns teóricos defendiam a impossibilidade de estudá-la como um todo; outros argumentavam que a consciência era como um cenário ou um espaço qualquer sem características qualitativas; e alguns ainda a consideravam como um sistema de funções ou como uma continuidade da consciência animal, fruto de uma evolução apenas biológica²².

atividades e as conexões entre as funções. Isto é, qualquer mudança interfuncional, ou melhor, qualquer alteração nas funções psicológicas superiores, consequentemente, ocorrerá transformação da consciência em seu conjunto.

É com base nesse entendimento que Vygotsky (1996) reconhece o conceito de significado implícito nessa discussão da consciência, abrindo caminho para entendê-lo como transformador das relações interfuncionais, pois o significado de qualquer palavra cresce na consciência do indivíduo e ao crescer modifica todas as relações e todos os processos. Essa mudança que ocorre na consciência humana em função do dinamismo dos significados pode ser explicada pela própria natureza do processo de aprendizagem dos indivíduos que se dá a partir das relações interpessoais e intrapessoais. Assim, tudo aquilo que foi vivenciado e apreendido socialmente é ressignificado constantemente pelos sujeitos.

A questão da experiência é outro ponto fundamental para entender o processo de significação. Para Smolka (2006), a raiz da experiência é sempre o outro e, os signos produzidos nas relações interpessoais transformam a atividade humana, a qual possibilita a produção de sentidos. A experiência, portanto, é resultante daquilo que impactou o homem e que foi compreendido e significado por ele. Nas palavras da autora “há um aspecto compreensivo, apreciativo, valorativo nos sentidos da situação vivida. Não existe experiência sem significação” e até mesmo aquilo considerado ‘sem sentido’ é repleto de significação (SMOLKA, 2006, p. 107). Cabe, ainda, salientar que o sentido é sempre sentido de algo ou de uma significação, portanto, não é uma criação mentalista e nem vazia de significado.

É importante mencionar que enquanto o significado da palavra tem certo grau de estabilidade, uma vez que o seu caráter generalizante requer um compartilhamento coletivo, o sentido da palavra está mais ligado à subjetividade, ou melhor, às experiências pessoais. Para Vygotsky (2001, p. 333) “o sentido da palavra é sempre uma formação dinâmica, variável e complexa que tem várias zonas de estabilidade diferente. O significado é só uma dessas zonas do sentido, a mais estável, coerente e precisa”. Oliveira (1992) sintetiza esses dois conceitos da seguinte forma:

O *significado* propriamente dito refere-se aos sistemas de relações objetivas que se formou no processo de desenvolvimento da palavra, constituindo num núcleo relativamente estável de compreensão da palavra, compartilhado por todas as pessoas que a utilizam. O *sentido*, por sua vez, refere-se ao significado da palavra para cada indivíduo, composto por relações que dizem respeito ao contexto de uso da palavra às vivências afetivas do indivíduo (OLIVEIRA, 1992, p. 81, grifos nossos).

Diante do exposto, é possível afirmar que o sujeito tem uma liberdade maior na atribuição de sentidos em um determinado contexto. Por isso não podemos pensar o sentido como meramente pessoal, ele também é social, porque atribui-se a partir de uma experiência vivenciada socialmente. Oliveira (1992) apresenta um exemplo bem interessante para ilustrar essa questão. A autora usa a palavra carro, trazendo o seu significado compartilhado coletivamente como veículo de quatro rodas, movido a combustível, utilizado para o transporte de pessoas. Desse significado objetivo, existe uma pluralidade de sentidos que pode variar a depender do tipo de experiência vivenciada pelo sujeito e o contexto em que é aplicada. Por exemplo, para um motorista de táxi, o carro tem sentido de instrumento de trabalho; para o adolescente que gosta de viajar, o carro pode significar lazer; para um pedestre que foi recentemente atropelado, o carro tem sentido ameaçador, pois lembra uma situação desagradável vivenciada por ele. É dessa forma que observamos que a experiência individual é sempre mais complexa do que a generalização contida nas palavras, pois “o sentido da palavra liga seu significado ao contexto de uso da língua e aos motivos afetivos e pessoais dos seus usuários” (Oliveira, 1993, apud OLIVEIRA, 1992, p. 81).

Assim, podemos sintetizar que enquanto os significados fazem parte do plano externo, em que as palavras adquirem definições compartilhados pelos indivíduos, os sentidos fazem parte do plano interno, em que as palavras adquirem sentidos particulares relacionados ao contexto de uso da língua e aos motivos, intenções, sentimentos, necessidades, interesses, impulsos. Ambos são produzidos socialmente, uma vez que é impossível isolar o sujeito de seus contextos. Em outras palavras, signos²³, significados²⁴ e sentidos²⁵ são produzidos nas relações dos homens com o mundo, coexistindo a todo momento.

2.4.1 Generalização das palavras e suas relações com os significados e sentidos

Discutimos anteriormente que o signo ou a palavra cumpre o papel de possibilitar que as pessoas atribuam significados às suas ações e objetos. A sua gênese se dá quando o homem sente necessidade de recorrer à palavra para explicar algo ou resolver um problema e, conseqüentemente, engendra o significado das coisas. Isso ocorre porque no contexto de uma ação mediada (WERTSCH, 1998), o signo sempre assume uma dupla função: comunicar e

²³ Sinal ou marca que pode: substituir, representar, simbolizar, indicar alguma coisa ou ideia. Pode ser representado em forma de palavras, imagens ou códigos.

²⁴ Conceitos compartilhados culturalmente entre as pessoas, com grau maior de arbitrariedade e estabilidade.

²⁵ Conjunto de eventos psicológicos que o sujeito atribui a um determinado significado a depender do contexto. O sentido é mais amplo do que o significado e é subjetivo.

generalizar. Deste modo, toda comunicação exige uma generalização, pois ambas mantêm entre si uma relação interna.

Quero comunicar a alguém que estou com frio. Posso lhe dar a entender isto através de vários movimentos expressivos, mas a verdadeira compreensão e a comunicação só irão ocorrer quando eu conseguir generalizar e nomear o que estou vivenciando, ou seja, quando eu conseguir situar a sensação de frio por mim experimentada em uma determinada classe de estados conhecidos pelo meu interlocutor (VYGOTSKY, 2009a, p. 13).

Essa classe de conhecimentos sintetizada em uma palavra ou conceito representa a generalização. Daí dizer que do ponto de vista da psicologia “[...] por trás da palavra existe sempre um processo de generalização – o significado surge onde existe generalização” (VYGOTSKY, 1996, p. 185). Sobre esse aspecto, Rego (1995, p. 53) esclarece que a linguagem fornece diferentes maneiras de pôr em ordem o real em categoriais conceituais: “a palavra ‘árvore’ designa qualquer árvore (independente do seu tamanho, se é frutífera ou não, etc.). Nesse caso, a palavra generaliza o objeto e o inclui numa determinada categoria”. Esses significados precisos que permitem o intercâmbio cultural entre os indivíduos não expressam generalizações imutáveis. Quando falamos a palavra “árvore” estamos no âmbito do seu significado, mas esta palavra vem carregada de marcas, histórias, representações mentais, motivos, que estão no âmbito dos sentidos.

Vygotsky (1996; 2009a) sempre criticou a abordagem dada pela psicologia cuja compreensão do significado se dirige ao princípio da sua imutabilidade, embora reconhecesse um certo grau de generalidade nos significados. Muitos psicólogos, de acordo com Vygotsky (1996), analisavam a linguagem com a ideia de que o significado era estático, ou seja, que a relação entre pensamento e palavra era constante e que apenas o sentido das coisas variava. Oliveira (1992) afirma que Vygotsky ampliou essa noção dos significados ao encontrar conexões entre os aspectos cognitivos e afetivos do funcionamento psicológico. Para este teórico, a objetividade embutida nos significados não pode ser isolada da dimensão subjetiva encontrada nos sentidos, pois a pessoa apreende os conhecimentos sobre mundo em meio aos seus sentidos atribuídos. Ao existir, o sujeito relaciona-se a partir dessa dialética entre objetividade e subjetividade, as quais se entrecruzam, se afirmam, se rejeitam, se formam uma na outra, dando sentidos e significados às ações sobre o mundo.

A dimensão pessoal e social do significado da palavra pode ser explicada pelo fato de se manter sempre em movimento tanto no decorrer da história da língua (temporal e espacial), quantos nos usos que fazemos dela. Se fôssemos recorrer à história da linguagem, por exemplo, iríamos perceber que nem sempre escrevemos e falamos da mesma forma que os nossos

ancestrais se comunicavam nos séculos passados. Levando em consideração a dimensão espacial da língua, diferentes palavras podem representar o mesmo significado, a depender do contexto local, e a questão da pessoalidade dos significados pode ser exemplificada na sua evolução quando ocorre no desenvolvimento do próprio indivíduo ao lidar com novas palavras. Em geral, ela sofre mudanças ao longo da nossa vida à medida que nos apropriamos de novos signos no contexto das relações interpessoais, evoluindo nos seus significados e sentidos. Uma criança, por exemplo, quando usa uma palavra pela primeira vez não é ainda o desenvolvimento final desta (VYGOTSKY, 2009a). Muitas vezes, ela usa a palavra de forma inadequada do significado representado socialmente. Ou seja, a criança generaliza a partir do que ela já conhece e isso vai se ampliando, porque o que é difícil de ser compreensível não é a palavra, mas sim o conceito que ela exprime.

[...] um objeto inteiro é incomunicável para crianças que ainda não dominam certa generalização. Aqui não se trata de insuficiência das respectivas palavras e sons mas dos respectivos conceitos e generalizações, sem os quais a compreensão se torna impossível (VYGOTSKY, 2009a, p. 13).

Portanto, entender o significado das palavras como algo mutável, vivo e dinâmico tem implicações importantes para a educação, em especial quando discutimos a formação de conceitos no ensino de ciências. É na escola que os conceitos trazidos pelas crianças a partir das suas relações espontâneas com o mundo vão sendo ressignificados por meio de um processo didático-pedagógico que leva as crianças a ter consciência reflexiva e controle voluntário sobre suas ideias a partir dos conhecimentos científicos (VYGOTSKY, 2009a).

Ao aprofundar a noção de significado das palavras e suas relações com as transformações das funções mentais superiores, Vygotsky (2009a) busca diferenciar dois tipos de conceitos: os científicos e os espontâneos ou cotidianos. Ele explica que as palavras podem representar tanto os conceitos científicos que são adquiridos por meio da instrução explícita num sistema formal de conhecimento, os quais são caracterizados pelo alto grau de generalidade e por sua relação com os objetos mediados por outros conceitos já significados, quanto os conceitos espontâneos que são aqueles adquiridos por meio da experiência concreta ou da atividade prática imediata com os objetos. Estes, por sua vez, não formam um sistema hierárquico coerente e lógico, diferente dos conceitos científicos. Para Vygotsky (2009a), não há conscientização dos sujeitos quando operam com os conceitos espontâneos, pois a sua atenção não está voltada para o seu próprio pensamento, mas sim para o objeto, através da observação e manipulação direta. Representa, portanto, “um conhecimento empírico muito

mais próximo do objeto em si do que das relações com outros conceitos” (GEHLEN, 2009, 144).

Embora haja significativas distinções entre ambos os conceitos, Vygotsky (2009a) apresenta um modelo de relação interdependente entre eles, sustentando a ideia de que a significação conceitual se desenvolve simultaneamente a partir de duas direções: do geral ao particular, ou do abstrato ao concreto. Demonstra em suas investigações que o pensamento espontâneo cresce e se desenvolve no contexto do pensamento científico e vice e versa. Isso significa que o conceito espontâneo é a base do desenvolvimento de estruturas importantes de generalizações, a qual oferece ao conceito científico suporte concreto para que este último se desenvolva; assim como o conceito científico também ajuda a reorganizar o conceito espontâneo, aprimorando-o em um sistema de relações. Vygotsky (2009a) sustenta ainda que o desenvolvimento do conceito científico é iniciado com a definição verbal, ou seja, pela abstração e segue um movimento em direção ao concreto, aos fenômenos que o conceito representa e o desenvolvimento do conceito espontâneo tende a se desenvolver fora de qualquer sistema formal de instrução, movendo-se em direção à abstração.

Quando tratados de forma independentes, os conceitos espontâneos apresentam fragilidades na incapacidade para a abstração e os conceitos científicos no verbalismo puro. É nesse sentido que Vygotsky (2009a) chama atenção para a necessidade de o professor planejar atividades didático-pedagógicas que possibilitem a interação entre ambos os conceitos e critica abordagens de ensino que tentam empregar a instrução direta de conceitos, as quais estimulam uma aprendizagem de palavras, carregadas puramente de um verbalismo vazio. Por outro lado, a abordagem educacional construtivista, a qual defende que os alunos constroem na escola conhecimentos sobre o mundo, parece também não ser totalmente compatível com os pressupostos vygotskyanos, conforme argumenta Gehlen (2009), pois “não há produção de novos conceitos científicos no âmbito escolar, mas há, certamente, uma nova interpretação para os conhecimentos dos estudantes e, com isso, uma construção de novos sentidos e significados” (p. 85-86). Em outras palavras, a produção histórica de conceitos científicos ocorre no âmbito da Ciência, sendo que na escola, há uma apropriação dos mesmos, por meio da construção de novos sentidos e significados.

Sutton (2003) parece concordar com esta ideia ao propor que o ensino de ciências seja preparado de modo a permitir que os estudantes compreendam esta área de conhecimento como uma linguagem viva, desenvolvida por grupos da comunidade científica, a qual pode ser ressignificada ao longo da história, à medida que novas formas de compreender o mundo vão sendo ampliadas. Ressalta, ainda, a necessidade de os professores cumprirem o seu papel de professores de linguagem, ensinando os alunos a reconhecerem a linguagem científica como

algo mutável, não servindo apenas para “etiquetar” coisas, ou como diria Vygotsky (2009a), não atrelada a um verbalismo vazio, mas sim, de modo a representar a ciência de forma ampla à luz de um contexto na qual as novas ideias e formas de falar ganham novos sentidos e significados a cada momento histórico.

Deste modo, entende-se que é preciso considerar a linguagem científica na sua historicidade e dinamismo, de modo a levar os alunos à compreensão de uma ciência viva, enquanto atividade social. Mas que relação há entre o processo de significação e os problemas comumente propostos em aulas de ciências?

Anteriormente vimos que a possibilidade de o homem significar o mundo, produzindo cultura a partir da criação de signos, tornou-o capaz de transformar a si próprio e o seu meio. E isso só foi possível graças aos problemas específicos enfrentados por eles no seu processo de humanização. Da mesma forma ocorreu no contexto da produção científica, assim como é possível ocorrer no contexto educativo, quando trazemos os problemas significativos para serem trabalhados nas aulas de ciências (GEHLEN, 2009). Comentamos anteriormente que para trabalhar tais problemas que apresentem *a priori* um sentido e significado para os estudantes é necessário também recorrermos aos problemas conceituais para que estes possam ser superados num nível de consciência crítica.

Contudo, quando pretende-se discutir como ocorre o processo de significação de problemas é importante diferenciarmos duas grandes importantes atividades intelectuais que podem ocorrer na mente dos estudantes: a atividade intelectual de enfrentamento de problemas e a atividade intelectual de solução ou superação do problema. Mas, afinal, o que isto quer dizer?

Sob o ponto de vista psicológico na linha da abordagem histórico-cultural compreende-se que em toda atividade humana existe um problema para o qual o indivíduo busca satisfazer suas necessidades ou motivos, a partir do planejamento de ações e operações (LEONTIEV, 1988). Entende-se que durante o enfrentamento de problemas o sujeito busca realizar diferentes ações para atingir o objetivo principal da sua atividade que é resolver o desafio. Nesse processo, o sujeito elabora estratégias, lida com os procedimentos, realizando diferentes formas de ação ou investigação. Por sua vez, a solução de problemas representa o momento de finalização do processo de enfrentamento, ou seja, é quando o sujeito consegue resolver, solucionar o desafio, superando-o. No âmbito do processo didático-pedagógico, essa atividade intelectual pode envolver a compreensão crítica acerca do problema, bem como justificativas de ações exitosas, com base em conceitos científicos, que levaram à solução por parte do sujeito.

Distinguir a noção de enfrentamento e solução de problemas é importante para compreendermos os processos psíquicos envolvidos em ambas atividades, bem como o desenvolvimento de operações mentais (tais como: análise e síntese, comparações,

generalizações, etc). No decorrer do enfrentamento de problemas no contexto escolar o sujeito tem potencial para desenvolver capacidades cognitivas de refletir; inferir; deduzir; analisar e avaliar; bem como desenvolver atitudes de resiliência, tenacidade, respeito à opinião alheia e colaboração. Na solução de problemas, essas capacidades também aparecem, mas a busca pela generalização de novos problemas e a compreensão de novos conhecimentos parecem ser os eixos principais, uma vez que o objetivo da significação é desenvolver nos estudantes a ampliação de novos horizontes, formulando explicações coerentes decorrentes de apropriações de conceitos científicos. Essas capacidades ao mesmo tempo em que são desenvolvidas, moldam a forma de pensar dos estudantes, levando-os à produção de novos significados e sentidos.

Cabe salientar que nessa relação entre enfrentamento e solução de problemas durante a significação é necessário que haja interações entre os conceitos espontâneos e os científicos de modo que os primeiros sejam reorganizados, possibilitando que os indivíduos estejam em direção ao desenvolvimento do pensamento teórico (VYGOTSKY, 2007). É importante que a abordagem a ser dirigida pelo professor em sala de aula contemple a interação entre os conceitos, de modo que o mesmo situe o conceito científico no contexto vivencial do aluno para que novos sentidos possam ser produzidos pelos estudantes (GEHLEN, 2009), possibilitando novos níveis de abstração dos significados envolvidos durante o processo de enfrentamento e solução de problemas.

2.5 Elementos significadores de problemas em aulas de ciências

Até aqui, procuramos discutir alguns aspectos importantes que envolvem o processo de significação na perspectiva vygotskyana, e especialmente a noção de problema apresentada por este autor, a qual tem como base a perspectiva de humanização, bem como suas funções na dimensão epistemológica e na dimensão pedagógica. Embora Vygotsky não tenha deixado explícito em seus estudos quais seriam os elementos desencadeadores de problemas significativos, seus trabalhos e encaminhamentos sugerem deslocar nosso olhar para alguns pontos relevantes que apresentam, em certa medida, influência no processo de significação de problemas, tais como: as necessidades, as contradições, os processos colaborativos e o desenvolvimento da imaginação e criatividade. Cabe ressaltar que na dimensão pedagógica, os *problemas mediadores de primeira ordem* pressupõem a presença de tais elementos, principalmente porque deles subjazem as necessidades e contradições sociais vivenciadas pelos alunos, sendo eixos centrais para estruturar a programação curricular e iniciar as discussões no processo de ensino e aprendizagem. Porém, tais elementos parecem não estar tão claros em

estudos que abordam *problemas mediadores de segunda ordem* ou problemas conceituais para serem trabalhados em aulas de ciências, tendo em vista que grande parte deles mantem seu foco no desenvolvimento da conceituação científica, conforme discussões de Gehlen (2009). Sendo assim, trataremos de discutir cada um desses elementos, procurando articulá-los aos problemas mediadores, com especial atenção àqueles de segunda ordem, com vistas a aprofundar a noção de problema conceitual iniciada no estudo de Gehlen (2009).

2.5.1 Necessidade

Discutimos anteriormente a partir dos estudos de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012) sobre a noção de problema apresentada nas obras de Vygotsky de que não é qualquer problema que deve desencadear ou impulsionar no sujeito a apropriação de novos conhecimentos e, conseqüentemente, o seu desenvolvimento cognitivo, mas sim aqueles que tenham sentido e significado e que despertem a necessidade de sua resolução. A necessidade, portanto, aparece como um elemento importante na atividade de enfrentamento do problema pelo sujeito, pois é ela que mobiliza o sujeito, quando a mesma se encontra no objeto, ou melhor, quando ela se objetiva no problema a ser resolvido. É nesse encontro entre necessidade e problema (objeto), que este último torna-se o motivo da atividade, o que estimula o sujeito a agir. Tal discussão é explicada por Leontiev (1978) da seguinte maneira:

A primeira condição de toda a atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação concreta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra sua determinação: deve, por assim dizer, encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se “objetiva” nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula. (LEONTIEV, 1978, p. 107-108)

Vygotsky (2009a) explicou o fato de que o conceito só pode surgir e se formar quando emerge uma necessidade concreta para o sujeito, a qual responde esse conceito, no curso de alguma atividade dirigida a alcançar um fim determinado, orientado para um objeto determinado ou à resolução de um problema. Porém, salienta que a colocação do problema, o seu objetivo e a aparição da necessidade de formar conceitos põem em marcha o processo de resolução do problema, mas não asseguram sua realização. A força desencadeadora desse processo não está dentro do sujeito, mas fora dele, uma vez que o meio social circundante, juntamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade e dos objetivos motivam o sujeito a dar um salto qualitativo em seu pensamento.

É precisamente com o auxílio dos problemas propostos, da necessidade que surge e é estimulada, dos objetivos colocados perante o adolescente que o meio social circundante o motiva e o leva a dar esse passo decisivo no desenvolvimento do seu pensamento (VYGOTSKY, 2009a, p. 171).

Portanto, selecionar problemas reais, que tenham sentido e significado para o sujeito, oriundos do meio social circundante e das suas necessidades existenciais relativas à perspectiva de humanização é o caminho para quem pretende colocar em prática propostas de ensino de ciências com base nos pressupostos vygotskianos (GEHLEN, 2009). Por outro lado, sabemos também da importância de selecionar problemas conceituais que não mantêm relações diretas com as necessidades existenciais dos estudantes nas propostas pedagógicas, cuja organização deve pautar-se na subordinação daqueles eleitos como *mediadores de primeira ordem*, conforme comentamos nas seções anteriores. Ao subordiná-los aos problemas significativos (*mediadores de primeira ordem*) surge aí uma relação indireta entre os problemas conceituais e as necessidades dos alunos. Seria, portanto, possível estabelecer uma relação entre os problemas conceituais e as necessidades dos estudantes durante o desenvolvimento da atividade de ensino, sem considerar a sua subordinação aos problemas mediadores de primeira ordem?

Os problemas conceituais quando utilizados como objeto de conhecimento têm possibilidade de serem significados pelos estudantes, a partir das suas experiências e vivências e principalmente das interações e colaborações estabelecidas em sala de aula. Nesse caso, os estudantes podem criar necessidades de aprendizagem, à medida que vão enfrentando o problema. Embora não sejam necessidades relativas à perspectiva de humanização, elas podem ser úteis a intensificar o envolvimento e comprometimento dos alunos na tarefa, principalmente para buscar novos conhecimentos.

Leontiev (1988) explica que dessa necessidade, pode resultar a criação de motivos compreensíveis nos alunos para resolver a tarefa, uma vez que *a priori* os problemas não se constituem como significativos para eles. O autor entende que no contexto escolar nem sempre as crianças fazem as tarefas com base em motivos eficazes, ou seja, motivos que realmente são significativos para elas. Muitas delas resolvem tarefas com base em motivos compreensíveis, os quais encontram-se subordinados a um outro objetivo vinculado a uma necessidade interior, por exemplo: a criança pode resolver uma tarefa não porque quer aprender, mas porque sabe que se conclui-la sua mãe a deixará ir brincar. Embora a criança tenha consciência da importância de fazer a tarefa, esse motivo é psicologicamente pouco eficaz para ela.

Contudo, pode ocorrer de os motivos compreensíveis serem transformados em eficazes, quando o sujeito atribui um novo sentido à tarefa realizada. Essa transformação dependerá da percepção do sujeito em relação à qualidade do resultado das suas ações, ocorrendo assim, uma

nova objetivação das suas necessidades, as quais passam a ser compreendidas num nível mais alto. Entende-se que ao trabalhar os problemas conceituais, pode haver uma transformação dos motivos compreensíveis em eficazes, no momento em que os alunos, ao tomarem consciência da contradição embutida em seus pensamentos acerca do problema, transformam em um real problema cognitivo para si.

2.5.2 Contradição

A contradição é outro elemento importante a ser considerado no processo de significação, uma vez que, segundo os pressupostos marxistas, ela põe em movimento o próprio processo de produção do conhecimento. Na perspectiva vygotskyana podemos admitir com base na noção de problema no contexto da humanização de que os problemas podem refletir contradições, as quais emergem do meio social circundante do sujeito. Neste caso, as contradições sociais decorrentes das necessidades reais dos estudantes são o ponto de partida para pôr em movimento o processo de enfrentamento e solução do problema.

Desta forma, podemos correlacionar os *problemas mediadores de primeira* ordem às contradições sociais vivenciadas pelos alunos, sendo elas que se tornam objetos de conhecimentos a serem desvelados e superados de forma crítica pelos estudantes. Para superá-los criticamente, não basta que essas contradições sejam manifestadas pelos indivíduos, mas que sejam percebidas como tais por eles e isso exige um processo de reflexão do sujeito sobre as suas próprias concepções e ações. Para Ylyenkov²⁶ (2008), filósofo marxista russo, os problemas reais significativos para os sujeitos emergem no pensamento em forma de contradições concretas e são elas que orientam o estudo com o intuito de identificar os conhecimentos teóricos necessários para resolver o problema.

As questões reais, os problemas reais que surgem no movimento do pensamento que investiga, se alcançam sempre ante o pensamento em forma de contradições na determinação, na expressão teórica dos fatos. A contradição concreta que surge no pensamento, orienta ao estudo ulterior dos fatos e, ademais para um objetivo, ao descobrimento e análise daqueles fatos que fazem falta para resolver o problema, para resolver a contradição teórica dada (YLYENKOV, 2008, p. 378, tradução nossa, grifos nossos).

²⁶ Ylyenkov (1924–1979) foi um grande filósofo do século XX. Sua vasta obra, pouco conhecida no Brasil, chegou no ocidente por volta dos anos de 1980. Adepto à perspectiva histórico-cultural, interessou por estudos sobre a consciência, o pensamento e a lógica de O Capital.

Ylyenkov (2008) entende que as contradições podem ser vistas como incoerência na lógica de pensamento ou como elemento necessário para compreender o fenômeno. Quanto ao primeiro caso, o autor qualifica a contradição na lógica formal sinalizando que esta dirige-se à busca de uma única verdade, evitando os erros de pensamentos. Geralmente esse tipo de contradição interna é concebida como erro lógico. A busca pela sua superação ocorre mediante a precisão do conceito, a qual reflete a forma dada de seu desenvolvimento e não a análise das relações entre os conceitos. Quanto ao segundo caso, o autor qualifica como contradição na lógica dialética quando os problemas são investigados levando em consideração as relações de aproximação e distanciamento entre os objetos, avaliando possibilidade de complementaridade e reciprocidade, semelhança e diferença. Aqui, a contradição é considerada como núcleo da dialética e não como uma incoerência ou erro lógico expresso no pensamento. A contradição dialética é uma unidade concreta de contrários que se excluem mutuamente, sendo que a sua superação se dá mediante uma investigação teórica da realidade, buscando compreendê-la no sistema dos conceitos e não na sua forma final.

Nessa perspectiva, o autor afirma que a lógica em que os sujeitos buscam resolver seus problemas vai depender da maneira como as contradições são significadas por eles. No contexto educacional, podemos acrescentar outros fatores que influenciam esse processo, a exemplo: da concepção de conhecimento do professor, da natureza do conteúdo abordado, dos objetivos da atividade e da própria noção de problema apresentado na proposta de ensino. Nas discussões apresentadas sobre a noção de problema em Vygotsky, podemos afirmar que as contradições devem orientar o pensamento dialético dos indivíduos, não no sentido de encontrar os erros ou as incongruências lógicas do problema, mas no sentido de potencializar a análise e superação do problema, envolvendo a aproximação e distanciamento teórico entre as diferentes visões que o envolvem.

Nessa perspectiva, os problemas *mediadores de segunda ordem* poderiam representar contradições a serem enfrentadas e superadas pelos alunos?

Ao analisar esta questão sob o ponto de vista pedagógico, podemos certamente afirmar que sim, porém tais contradições se diferem daquelas que emergem necessariamente dos problemas sociais significativos vivenciados pelos alunos, ou seja, dos problemas *mediadores de primeira ordem*. Às contradições que emergem de *problemas de segunda ordem* podemos chamá-las de contradições conceituais.

Alguns estudiosos da área de ensino de ciências têm relacionado o problema à própria contradição. Silva e Núñez (2002) argumentam que a construção do conhecimento científico é um processo imerso em contradições, principalmente quando comparado ao conhecimento do

senso comum, daí a necessidade de propor situações-problemas em aulas de ciências que gerem contradições.

Para estes autores, a contradição representa a tensão entre aquilo que é para o estudante e o que ele almeja alcançar, gerada por um estado psíquico de dificuldade intelectual. Ao tomar consciência da contradição, o aluno pode convertê-la em seu problema e isso emerge na própria atividade cognoscitiva. Eles definem o problema como a própria contradição assimilada pelo sujeito, as quais se configuram como conflitos (eventos contraditórios) causados nos estudantes a partir de situações-problema. Essas situações-problema são criadas pelo professor para causar um estado de dificuldade intelectual a partir de tarefas que não podem ser resolvidas ou explicadas de forma imediata pelos alunos. Esse estado psíquico é o reflexo das relações contraditórias subjacentes ao conteúdo a ser discutido em sala de aula. Portanto, essa contradição só pode aparecer quando o aluno toma consciência dela e quando a situação está em aparente desacordo com suas convicções e seus conhecimentos anteriores (SILVA; NÚNEZ, 2002).

A definição de problema para cada aluno na perspectiva da abordagem de *problemas mediadores de segunda ordem*, implica na definição das fronteiras entre o conhecido e o não conhecido. Deste modo, Silva e Núñez (2002) argumentam que o começo do enfrentamento de um problema conceitual ocorre com a sua definição ou com o entendimento dos alunos da formulação feita. Essa formulação constitui em si a expressão linguística lógica, na qual se localiza o campo de busca intelectual, com objetivos e condições que levará a sua solução. Assim sendo, ao tentar superar este tipo de problema, o sujeito realiza diferentes ações e operações que podem resultar na formação de novas funções psicológicas superiores ou enriquecer aquelas já desenvolvidas num determinado momento histórico.

Os autores acrescentam que o problema no contexto educativo deve ser produto da internalização da contradição; deve ser interessante e motivador, deve ter a possibilidade de ser resolvido. Além disso, enfatizam a necessidade da criação de situações-problema levando em consideração o nível de desenvolvimento dos alunos, recomendando que estejam situados de modo a criar novas zonas de desenvolvimento proximal nos estudantes.

Essas discussões sobre dificuldades e conflitos como desencadeadoras de desenvolvimento cognitivo, também são salientadas por Vygotsky e Luria (1996) no livro *“Estudos sobre a história do comportamento: símios, homem primitivo e criança”*. Os autores destacam o papel desempenhado pelas dificuldades na aquisição de novos modos de ação, afirmando que uma dificuldade ou empecilho ativa o intelecto e para haver um progresso no desenvolvimento intelectual do homem é preciso que este vá além das reações instintivas que não consigam

superar alguma dificuldade. No prefácio deste livro, Knox escreve que essas condições podem ser verificadas quando os homens se encontram “em novas condições que diferem daquelas a que já estão habituados, ou quando se deparam com alguma dificuldade, barreira ou obstáculo” (p. 35).

Portanto, as contradições sociais e conceituais, presentes nos problemas mediadores de primeira e de segunda ordem, respectivamente, podem impulsionar o desenvolvimento da atividade psicológica do aluno, contribuindo para a formação do pensamento dialético, pois “são essas as contradições que fazem avançar o pensamento, estimulando a busca de soluções” (SILVA; NÚÑEZ, 2002, p. 1199). Porém, cabe mais uma vez ressaltar que as contradições sociais, por emergirem das necessidades reais e existenciais dos estudantes, possui uma relação direta com o problema na perspectiva da humanização de Vygotsky (GEHLEN, 2009). Isto é, ao buscar superar tais contradições que envolvem o seu meio social, o aluno se humaniza, transformando a si próprio e o seu mundo, à medida que produz novos significados e os atribui às suas ações. Deste modo, o papel das contradições sociais presentes nos *problemas mediadores de primeira ordem*, visam a formação do sujeito para além do desenvolvimento cognitivo.

Todavia, no caso das contradições conceituais estas, por sua vez, embora não estejam diretamente relacionadas às necessidades existenciais dos indivíduos, mas sim às necessidades cognitivas podem possibilitar aos sujeitos o desenvolvimento de novas funções psicológicas superiores, uma vez que estão vinculadas aos conceitos científicos, o que reforça a centralidade do seu papel no desenvolvimento mental dos estudantes.

Contudo, dada a contribuição de ambos os problemas e contradições para o ensino de ciências, Gehlen (2009) reconhece a necessidade de propor propostas didático-pedagógicas que levem em consideração o planejamento dos problemas mediadores de primeira e de segunda ordem, desde que esses problemas conceituais estejam subordinados aos primeiros com o intuito de privilegiar a dimensão epistemológica e a perspectiva de humanização presente na noção de problema em Vygotsky. Cabe, ainda, salientar que ao criar um problema significativo para ser trabalhado em sala de aula não é apenas o seu conteúdo que deve ser levado em consideração, ou seja, o teor do problema formulado. Outros aspectos são tão importantes quanto, como por exemplo, a atuação do professor em sala de aula, a qual deve ser centrada no diálogo e na colaboração (GEHLEN; DELIZOICOV, 2013).

2.5.3 Colaboração

A colaboração é também considerada um elemento importante no processo de significação. Vygotsky (2009a) já afirmava que a criança é capaz de realizar em colaboração muito mais que por si mesma, pois se sente mais forte e mais inteligente do que quando atua sozinha, assim como pode resolver com maior facilidade todas as tarefas previstas que estão mais próximas de seu desenvolvimento. Porém, alguns limites de aprendizagem devem ser considerados, os quais são determinados pelo nível de desenvolvimento da criança e de suas possibilidades intelectuais. Esse nível varia de criança para criança e tem relações diretas com a Zona de Desenvolvimento Proximal.

A maior ou menor possibilidade que tem a criança para passar do que pode fazer sozinha ao que é capaz de realizar em colaboração com o outro revela o sintoma indicativo para caracterizar a dinâmica do desenvolvimento e do êxito em sua atividade mental, coincidindo plenamente com a ZDP (VYGOTSKI, 1982). Segundo Vygotsky (2007), o professor não deve agir como um agricultor estúpido que só enxerga os frutos quando já estão maduros. Para ele, o professor deve orientar-se para força da criança e não para sua debilidade e é por isso que a colaboração só é útil quando incide na ZDP, proporcionando a aprendizagem do novo à criança e possibilitando a transição daquilo que ela já sabe fazer ao que não sabe ou não conhece.

Ao enfatizar a importância da colaboração na Zona de Desenvolvimento Proximal, Vygotsky (2007) parece apresentar alguns indícios de como o sujeito “mais capaz” pode proceder como colaborador no curso de uma atividade realizada pelos alunos, por exemplo: através de pistas, direcionamentos, ou de atividades coletivas que favoreçam a colaboração entre os alunos. Nessa perspectiva é possível afirmar que todo processo de ensino e aprendizagem pressupõe o desenvolvimento de ações colaborativas sistemáticas entre sujeitos, com o intuito de acelerar o desenvolvimento cognitivo do estudante ao apropriar-se novos conceitos. No entanto, Chaiklin (2011) esclarece que o termo colaboração para Vygotsky não está atrelado ao esforço conjunto entre uma criança e outra pessoa (no caso, o pedagogo, os pais, ou um colega mais capaz) para resolver um determinado problema, mas sim, ao fato de encontrar evidências de funções psicológicas em processo de desenvolvimento, levando em consideração que a criança só poderá aproveitar essas intervenções colaborativas porque as suas funções em maturação dão apoio a uma capacidade de compreender o significado da assistência ou da tutoria que está sendo oferecida. Nesse sentido, se a criança não compreende o significado da colaboração, é sinal de que as funções relevantes para resolver algum tipo de problema não foram ainda desenvolvidas, e por isso, o problema encontra-se para além da

ZDP. Assim, não basta apenas que o professor auxilie a criança durante a resolução de um problema, é preciso que a criança entenda o teor dessa colaboração.

Deste modo, a importância do ensino no desenvolvimento da criança a partir da colaboração é o que constitui o conteúdo principal do conceito da Zona de Desenvolvimento Proximal. Conforme mencionamos anteriormente, Gehlen (2009) defende a ZDP como uma ação pedagógica colaborativa que medeia, a partir da problematização, os níveis de desenvolvimento real e proximal dos estudantes.

Na escola a criança não aprende a fazer as coisas por si mesma, mas a partir dos processos de colaboração com seu professor, com seus colegas e com outros materiais que não pressupõem fisicamente a participação do outro, como por exemplo, o livro didático. Góes (2001) explica que o conceito de *ajuda do outro* mencionado por Vygotsky não está limitado a uma mera prescrição de uma mediação do outro, mas sim, a “uma necessária participação de qualquer natureza do outro, nas experiências de aprendizagem e no desenvolvimento do indivíduo” (p. 86). Sobre isto, a autora argumenta que:

Devemos considerar que todas as suposições orientadas para uma noção de ajuda das ações do outro no desenvolvimento da criança podem consistir de uma denominação geral para as mais diversas iniciativas que conduzem às aprendizagens que são institucionalmente, ou macrossocialmente, estabelecidas como um benefício para a criança. Nesse sentido, o que quer que conduza a um benefício – mesmo que implique tensão, oposição, negação, contradição – é uma ajuda (GÓES, 2001, p. 85).

Braga (2010) também afirma que a relação colaborativa pressupõe tanto a compreensão partilhada quanto às tensões desarmônicas, de contradições e oposições de ideias. Compreender que o processo de significação pode ocorrer não apenas a partir da dinâmica das interações sociais harmônicas entre os sujeitos, mas também sob interações contraditórias é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem. Se desejarmos formar sujeitos críticos, precisamos entender que nem sempre o “bom diálogo” estabelecido em sala de aula deve ser aquele em que todos devem aceitar harmonicamente as opiniões alheias. “Tanto as relações sociais quanto os conflitos/encontros intrapessoais são dramáticos, não harmônicos, não homogêneos” (BRAGA, 2010, p. 170) e por isso precisamos trazer o drama para sala de aula, entendendo que as contradições fazem parte da existência humana.

Mateus (2009) argumenta que na relação do ser com o outro, os processos de superação de contradições são complexos e muitas vezes sofridos, e por isso o desafio está em enfrentarmos os problemas, superarmos tensões mediadas pelo respeito às diferentes vozes conflitantes. No contexto de aulas de ciências esses conflitos também podem aparecer em

decorrência da estratégia de ensino e, principalmente, das interações discursivas que se estabelecem em sala de aula (MORTIMER; MACHADO, 2001). Aguiar e Mortimer (2005) destacam tais conflitos como algo proveniente de uma atividade partilhada na ZDP, sendo que os “desequilíbrios mentais” são construídos e explicitados no plano social, com ajuda e suporte do professor, e não são simplesmente reconhecidos por indivíduos considerados isoladamente. Do mesmo modo, os autores compreendem o conflito como um diálogo nem sempre harmônico entre concepções culturais distintas, os quais não resultam apenas da interação entre sujeito e objeto, mas, sobretudo, da longa e paciente intervenção do professor.

Ao analisar como as contradições emergem e são resolvidas no plano social de aulas de ciências, Aguiar e Mortimer (2005) revelam a importância do papel do professor no reconhecimento das contradições explicitadas pelos alunos e apresentam variados elementos de intervenções docentes que ajudam nesse reconhecimento, como: levar os alunos a formular claramente suas ideias; checar nos discursos dos alunos com que sentido as ideias estão sendo utilizadas; dar pistas enfatizando os pontos centrais e dirigindo a atenção dos alunos por meio de perguntas; preencher as lacunas nos entendimentos dos estudantes, entre outros.

Essa intervenção colaborativa do professor pode ser desenvolvida de modo a gerenciar as tensões e conflitos apresentados pelos estudantes no contexto do enfrentamento de problemas e, para isso, é necessário entender não somente os discursos ditos pelos estudantes, mas também o seu pensamento, tendo em vista que “a verdadeira compreensão consiste em penetrar os motivos do interlocutor” (VYGOTSKY, 1996, p. 184). Essa busca pela compreensão do outro no processo de gerenciamento de conflitos em sala de aula pode ser explicada pelo próprio fundamento da consciência humana que tem sua gênese nas relações interpessoais, tendo em vista que o que move os significados e o que determina seu desenvolvimento é a cooperação entre as consciências, ou melhor, “o processo de alteridade da consciência” (*Ibidim*, p. 187). É nessa relação colaborativa com o outro e para o outro que os sentidos e significados vão sendo construídos e transformados.

2.5.4 Imaginação/Criatividade

A imaginação criativa sempre esteve presente nos pensamentos e reflexões dos cientistas, embora essa capacidade não seja exclusiva desses indivíduos. Segundo Vygotsky (2009b), a capacidade de criação está presente na vida de qualquer pessoa, ela é condição necessária da existência, sendo que a mesma é construída historicamente:

“[...] a criação, na verdade, não existe apenas quando se criam grandes obras históricas, mas por toda parte em que o homem imagina, combina, modifica e

cria algo novo, mesmo que esse novo se pareça a um grãozinho, se comparado às criações dos gênios” (VYGOTSKI, 2009b, p. 15-16).

Todas as coisas criadas pelo homem, manifestadas na cultura, são frutos da imaginação e criação humana. Vygotsky (2009b) explica a imaginação a partir de dois diferentes gêneros de atividade humana: a reprodutora e a criadora. A primeira está ligada à memória, a qual tem a função de repetir condutas que foram criadas anteriormente com o intuito de reavivar ações e impressões anteriores da experiência. Exemplificamos este tipo de atividade quando queremos lembrar algo que foi assimilado ou elaborado antes pelo indivíduo. Por exemplo, ao visitar um local de infância, o sujeito reproduz as marcas históricas das impressões que teve quando criança. A base dessa atividade é a plasticidade cerebral que permite a conservação e transformação das marcas do vivido. A segunda atividade está relacionada ao caráter criativo de produzir novas ações e imagens sem necessariamente ter vivenciado uma experiência anterior, por exemplo, imaginar como viviam os nossos ancestrais ou prever como será o futuro daqui a 10 anos nos leva a criar algo novo que nunca foi vivenciado.

Embora Vygotsky (2009b) reconheça a importância da atividade reprodutora no processo de adaptação do homem ao mundo que o cerca, ele destaca a importância da imaginação humana como um processo intrinsecamente relacionado à atividade criadora do homem, sem a qual seria impossível transformar a si próprio e a natureza. Essa atividade criadora é uma condição necessária para quase toda atividade mental do homem e está fundada na capacidade de combinação do nosso cérebro, não reduzindo apenas à função de reproduzir a experiência anterior:

O cérebro não é apenas o órgão que conserva e reproduz nossa experiência anterior, mas também o que combina e reelabora, de forma criadora, elementos da experiência anterior, erigindo novas situações e novo comportamento (VYGOTSKI, 2009b, p. 14).

Ao aprofundar essa função de imaginação combinatória ou criativa do homem, Vygotsky (2009b) aponta quatro aspectos importantes. O primeiro ponto diz que a imaginação é construída a partir de elementos extraídos da realidade presentes na experiência anterior do indivíduo. A riqueza da imaginação é fruto da diversidade e acúmulo de experiência vivenciada pela pessoa, portanto, quanto mais rica for a experiência pessoal, maior será o nível de imaginação criativa. O segundo ponto está relacionado ao fato de que podemos imaginar algo real a partir da narração e experiência do outro. Tanto a imaginação se apoia na experiência quanto a experiência se apoia na imaginação. Portanto, é possível criarmos mentalmente imagens e cenários tomando como base a experiência social, ou seja, aquilo que foi criado por

outra pessoa. A experiência do indivíduo pode ser ampliada durante a apropriação da experiência do outro. Nesse aspecto, a colaboração exerce um papel fundamental no desenvolvimento da imaginação, em especial no contexto escolar. Ou seja, ao tomar conhecimento de alguma narração ou descrição feita pelo professor sobre um determinado fato ou fenômeno, o aluno pode ampliar a sua experiência, imaginando coisas que nunca foram vivenciadas diretamente por ele. Vygotsky (2009b, p. 25) destaca que “a pessoa não se restringe ao círculo e a limites estreitos de sua própria experiência, mas pode aventurar-se para além deles, assimilando, com a ajuda da imaginação, a experiência histórica ou social alheias”;

O terceiro aspecto destaca que a imaginação está relacionada ao caráter emocional. Os sentimentos influenciam a imaginação, assim como a imaginação influencia o sentimento. Todas as formas de imaginação criativa contêm em si elementos afetivos. Mesmo quando a imaginação não corresponde à realidade, o sentimento que ela provoca é verdadeiro.

O quarto e último ponto diz que uma imaginação que nunca foi concretizada na experiência de uma pessoa tem o potencial de se tornar real e começar a existir no mundo. As imaginações “cristalizadas” a exemplo de um objeto ou um instrumento feito pelo homem são produtos da sua criação imaginativa, a qual a priori não corresponde a um modelo existente na natureza. Isso pode ocorrer não apenas no campo da ação prática do homem ao produzir instrumentos, mas também na esfera da imaginação subjetiva, emocional. Assim, é possível notar que a imaginação exerce uma função vital para a existência humana.

Durante o desenvolvimento do homem, Vygotsky (2009b) explica que os processos de criação podem ser facilmente identificados nas brincadeiras das crianças. A brincadeira não é uma mera lembrança do que foi vivenciado pela criança, mas sim uma reelaboração criativa de ações e impressões vivenciadas, as quais foram combinadas para dar forma a uma nova situação. É claro que todos os elementos da situação são conhecidos pela criança com base na experiência anterior, mas o fato de ela combinar esses elementos já representa algo novo, próprio dela e não algo que ela reproduziu porque observou anteriormente. Ou seja, “é essa capacidade de fazer uma construção de elementos, de combinar o velho de novas maneiras”, que Vygotsky chama de base da criação humana (VYGOTSKY, 2009b, p. 17).

Além disso, não podemos pensar a imaginação como subordinada apenas aos motivos internos, subjetivos do homem, pois ela sempre contém um coeficiente social, mantendo relações com outras atividades, com as necessidades, experiências e o meio circundante.

Pino (2010) explica que é a vivência, denominada por Vygotsky como *perejivánie*, a regra para determinar a influência do meio no desenvolvimento e personalidade da criança. Este termo russo, de acordo com Pino (2010), pode ser interpretado como ‘viver através da experiência real ou imaginária’. É esta vivência que explica porque a convivência de crianças

de diferentes idades num mesmo meio ou numa mesma situação cria efeitos diferentes em cada uma delas.

[...] a “vivência” é mais do que a mera presença da consciência na realidade experimentada, ela envolve um “trabalho mental”, consciente ou inconsciente, por parte do indivíduo (no caso, da criança) de atribuição de significação ao(s) elemento(s) do meio que constitui(em) a experiência (PINO, 2010, p. 751).

Assim, podemos dizer que o meio, ou melhor, a vivência possui não somente relações com a imaginação, mas também com a significação que a criança faz das situações produzidas pela dinâmica do meio (VYGOTSKY, 2010; PINO, 2010).

Com base nessas discussões, destacamos a necessidade de se pensar numa atividade pedagógica como atividade criadora com potencial de ampliar as experiências dos estudantes, dando acesso ao conhecimento científico, caso queiramos criar bases sólidas para sua atividade de criação. Labarrere e Quintanilla (2002) compreendem o processo de enfrentamento e solução de problemas como uma complexa atividade humana que serve como meio para fornecer o desenvolvimento e sua expressão criadora. Sendo assim, entendemos que o processo de solução do problema a ser realizado em aulas de ciências deve ocorrer de modo a ampliar as experiências imediatas das crianças, por meio da negociação de sentidos e significados entre professor e alunos. Além disso, salientamos que o enfrentamento de problemas (sejam eles mediadores de primeira ou de segunda ordem) no contexto escolar pode ser fundamental para desenvolver a imaginação criativa dos estudantes, uma vez que a reflexão sobre o problema leva à criação ou imaginação de novas situações para resolvê-lo, diferentes daquelas já conhecidas por eles.

2.6 À guisa de síntese

Tendo em vista as discussões tecidas neste capítulo sobre a noção de problema em Vygotsky, elencamos alguns elementos que podem contribuir para a significação de problemas em aulas de ciências, especialmente aqueles mediadores de segunda ordem, quais sejam: necessidade, contradição, colaboração e imaginação/criatividade. Essa contribuição parece ser útil, pois compreende-se que não é tarefa fácil para o professor colocar os alunos em atividade de aprendizagem, mesmo quando pretende-se trabalhar problemas conceituais (mediadores de segunda ordem) subordinados a problemas significativos (mediadores de primeira ordem), pois requer a participação ativa dos escolares, bem como envolvimento e atenção durante todo

processo de enfrentamento e solução do problema. Assim, compreendemos que para qualificar um determinado problema conceitual proposto em aulas de ciências é necessário que o mesmo apresente aspectos relacionados a esses quatro elementos significadores.

Entendemos ainda que esses elementos significadores poderão servir como parâmetros para analisar a qualidade da significação de problemas conceituais abordados em propostas de didático-pedagógicas vygotskyanas que levem em consideração a dimensão epistemológica e a perspectiva de humanização, presentes nas discussões de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2012), assim como podem ser úteis para analisar a significação de problemas em abordagens didáticas que não seguem tal orientação, mas que se preocupam em promover a alfabetização científica dos estudantes, a exemplo do ensino por investigação. No próximo capítulo, discutiremos a noção de problema nessa abordagem de ensino e seu processo de significação a partir das contribuições tecidas aqui.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DO PROBLEMA NA ABORDAGEM DIDÁTICA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: CONSTRUINDO SUBSÍDIOS TEÓRICOS PARA ANÁLISE DA SIGNIFICAÇÃO

Para compreendermos o movimento de significação do problema em aulas investigativas de ciências, faz-se necessário discutir e aprofundar o estudo sobre o seu papel e função nesta abordagem didática. Neste capítulo, tomaremos a dimensão pedagógica do problema como parâmetro para discutir como ocorre o seu processo de significação em aulas investigativas de ciências, a partir das contribuições da perspectiva vygotskyana. Reconhecemos que o Ensino por Investigação é uma proposta de ensino bastante ampla e polissêmica e, por isso, utilizaremos como referencial central grande parte dos estudos sobre essa abordagem vinculados ao Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da USP. Além disso, as discussões teóricas tecidas ao longo deste capítulo, especialmente aquelas dirigidas à construção de uma ferramenta para analisar a significação de problemas, serão posteriormente complementadas e validadas com análises de dados empíricos que serão apresentados no capítulo 5.

3.1 Noções de Problema no Ensino por Investigação

Para iniciar a discussão sobre a noção de problema no Ensino por Investigação, faz-se necessário mapear os significados atribuídos pelos pesquisadores a este termo. Variados modos como ele é visto no processo de ensino-aprendizagem podem ser encontrados em estudos, como os de Barbosa-Lima e Carvalho (2002); Azevedo (2004); Carvalho, (2011a; 2013); Capecchi (2013); Clement (2013); Borges (2002); Sá, Lima; Aguiar Jr. (2011) e tantos outros. Ressaltamos que o intuito não é fazer um levantamento exaustivo na literatura, mas sim, trazer à tona algumas noções que poderão orientar caminhos, rumo a uma análise mais aprofundada sobre o problema nessa abordagem didática.

Em estudos que abordam o ensino de ciências com base em resolução de problemas é possível identificar alguns pontos em comuns sobre a noção deste termo. Gil *et al.* (1992, p. 10), por exemplo, afirmam que existe consenso entre os pesquisadores em considerar o problema como “situações dificultosas, para as quais não existem soluções fechadas”. Esses autores defendem a ideia de problemas abertos no lugar de exercícios fechados de lápis e papel, pois assim os alunos não recorrem a resoluções imediatas, cujos caminhos já são conhecidos por eles. Nessa mesma linha, Garcia e Garcia (1989) compreendem o problema como uma situação ou desafio que não pode ser resolvido automaticamente, pois exige a mobilização de diversos recursos intelectuais, sendo que Echeverría e Pozo (1998) salientam que é necessário

que o problema seja reconhecido como tal pelo sujeito e que a sua resolução seja realizada por um processo de reflexão sobre os encaminhamentos a serem seguidos. Desse modo, Praia, Cachapuz e Gil-Perez (2002) recomendam que os problemas sejam colocados pelos alunos ou assumidos por eles, tornando-os seus problemas, pois é somente desta forma que é possível conhecer as reais inquietações dos estudantes.

Esse aspecto subjetivo aliado à solução do problema também é apontado por Freire e Silva (2013) ao mencionarem o caráter idiossincrático do problema o qual está sempre relacionado ao sujeito que irá enfrentá-lo. Os autores explicam que o problema será um problema em razão de quem o resolve, por isso, “o que constitui um exercício para um aluno pode ser um problema para outro aluno, ou vice-versa” (p. 192). O problema, nessa direção, “pode fazer referência a situações muito diferentes, em função do contexto no qual ocorre e das características e expectativas das pessoas que nelas se encontram envolvidas” (ECHEVERRÍA; POZO, 1998, p. 13).

Essas definições apresentadas na literatura de ensino de ciências também podem ser evidenciadas em discursos de pesquisadores que buscam situar a noção de problema no ensino por investigação (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002; SÁ; LIMA; AGUIAR, 2011; BORGES, 2002; CLEMENT, 2013).

O trabalho de Borges (2002), que discute o papel das atividades práticas de laboratório experimental, aborda o problema na perspectiva investigativa como aquele aberto, em que não há uma solução imediata obtida por meio de fórmulas ou algoritmos, o que indica uma aproximação com as ideias de Gil *et al.* (1992) quanto à defesa do uso de problemas abertos. Para Borges (2002), o problema é uma situação perturbadora ou incompleta, cuja resolução pode ser realizada a partir do conhecimento prévio do estudante, sem um direcionamento imposto por um roteiro ou por instruções diretas do professor. A resolução do problema não necessariamente deve ser sempre conhecida pelo professor e para que os alunos encontrem a solução, o autor sugere que os mesmos criem idealizações e aproximações.

Para Munford e Lima (2007) não há necessidades de sempre abordar problemas experimentais no ensino por investigação, assim como trabalhar apenas problemas abertos, para os quais os alunos têm autonomia de escolher questões e determinar procedimentos para investigação. Tais críticas também são sinalizadas por Sá, Lima e Aguiar (2011) em que apresentam alguns consensos sobre a noção de problema entre grupo de tutores e coordenadores de um curso de pós graduação orientado pela abordagem investigativa, tais como: o problema está para além do caráter experimental proposto nas atividades de ensino; ele é uma situação que leva o sujeito a um questionamento, para o qual não há uma resposta direta, imediata; é um elemento importante porque conduz o sujeito a um processo de busca,

por meio do qual se produz novos conhecimentos e é visto como uma situação que deve instigar e orientar o trabalho do aluno e do professor. Outra discussão recorrente nesse grupo de tutores e coordenadores foi a importância de atribuir protagonismo ao aluno, na relação com o professor, durante a proposição de um problema. Para eles, é importante que o professor crie oportunidades em sala de aula para que os alunos assumam o problema como próprio, motivando-o a explorar e confrontar suas ideias com outras novas, duvidar, questionar e se engajar na busca de respostas.

Tal fato também apresenta consonância com o estudo de Barbosa-Lima e Carvalho (2002) ao afirmarem que o estudante deve assumir o problema para si. As autoras entendem o problema como uma situação dificultosa para a qual não há uma solução imediata e que exige do solucionador uma determinada mobilização intelectual, inclusive uma postura de investigação. Para assumir tal postura, as autoras reafirmam que o aluno deve reconhecer o problema como seu, de modo a elaborar hipóteses, desenvolver estratégias na procura de respostas.

Quanto à possibilidade de o problema ser colocado pelo aluno para iniciar o processo investigativo é um aspecto ainda não consensual no contexto dessa abordagem didática. Zômpero e Laburú (2011) argumentam que a apresentação e formulação do problema pelo professor é mais viável nas escolas do nosso país, tendo em vista as condições do trabalho desenvolvido e o número de alunos em salas de aula. Essa questão também é defendida por outros pesquisadores, a exemplo de Carvalho (2006), quando afirma que os problemas a serem trabalhados no contexto escolar devem ser criados e apresentados pelo professor, sendo possível que a formulação dos mesmos pelos alunos, juntamente com a liberdade de investigá-lo sem direcionamento do professor, sejam mais viáveis no âmbito acadêmico, em cursos de mestrado e doutorado. Nesse sentido, não só a colocação do problema pelo professor é uma tarefa importante, mas também o entendimento sobre certos caminhos metodológicos que levam os alunos à resolução, bem como o conhecimento sobre os aspectos conceituais associados ao problema.

Outro aspecto relevante sobre o problema pode ser encontrado no estudo de Trivelato e Tonidandel (2015), que propõem alguns eixos para planejar sequências de ensino pautadas na investigação da biologia. As autoras destacam que para engajar os alunos no enfrentamento de problemas é preciso que o professor permita que os mesmos desenvolvam estratégias de trabalho com relativo grau de autonomia. Explicam que o engajamento e autonomia dependem do reconhecimento do problema pelos estudantes e, para tal, é necessário que o mesmo esteja situado no contexto do desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Clement (2013) também sinaliza sobre a importância de formular problemas que levem em consideração o desenvolvimento autônomo dos alunos em aulas investigativas e, para isso, aponta que o problema deve situar na zona de desenvolvimento proximal. Além disso, a ideia de engajamento precisa estar condicionada às situações que envolvam curiosidade, imaginação e interesse do estudante - elementos importantes para estimular a participação no processo de investigação. Este autor ainda apresenta cinco critérios relevantes para o professor considerar durante a elaboração de problemas, quais sejam: a) característica do problema: o problema deve exigir a mobilização de diferentes recursos intelectuais; b) elementos motivacionais: o problema deve gerar determinados graus de curiosidade, interesse, imaginação, desafio, controle das ações pelo aluno; c) natureza do problema: refere-se ao contexto da situação, ou seja, o enunciado do problema pode focar-se nos aspectos conceituais da área disciplinar (física, química, biologia) ou pode focar-se na vivência cotidiana, extrapolando os limites das áreas disciplinares; d) diversidade do problema: é importante que os problemas propostos sejam distintos e variados, contemplando diferentes graus de abertura; e) natureza dos conteúdos focados: o problema poderá abranger conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Diante das importantes discussões apresentadas até aqui é possível também sinalizar noções do problema aliadas à uma dimensão mais ampla, envolvendo a formação dos estudantes numa perspectiva da Alfabetização Científica - objetivo, este, a ser alcançado no ensino de ciências, por meio de propostas que privilegiem a investigação em sala de aula (SASSERON; CARVALHO, 2011). Tal aspecto fica evidente quando Sasseron (2013) afirma que oferecer condições para que os alunos tomem decisões conscientes sobre os problemas do mundo relacionados a conhecimentos científicos pode possibilitar o processo de Alfabetização Científica. Sendo assim, faz-se necessário aprofundarmos essa questão no sentido de melhor compreender a noção de problema nesta abordagem didática.

3.1.1 Situando a noção de problema na perspectiva da Alfabetização Científica

Diversos estudos focados no ensino por investigação, especialmente aqueles produzidos no contexto do LaPEF²⁷, têm defendido a ideia de que, por meio desta abordagem didática, pode haver o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) dos alunos (SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2008; 2011; MACHADO, 2012).

Sasseron (2013, p. 45) propõe que “alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e

²⁷ LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – Feusp

da sociedade relacionados a conhecimentos científicos”. Em outras palavras, estar alfabetizado cientificamente significa ser capaz de organizar o pensamento de maneira lógica, em direção a uma visão mais crítica da realidade que o cerca.

Embora haja diferentes denominações na literatura nacional e internacional em torno dos objetivos atuais de ensinar ciências, tais como Enculturação Científica, Letramento Científico e Alfabetização Científica, Sasseron e Carvalho (2011) revelam que há um certo consenso na área sobre a necessidade de formar sujeitos capazes de interagir e compreender temas e situações do dia a dia à luz dos conhecimentos científicos, sejam eles conceitos ou aspectos inerentes à atividade científica. Além disso, Sasseron (2015) revela que o objetivo atrelado ao termo Alfabetização Científica não deve ser algo que se esgota no tempo, mas um processo contínuo, que se constrói e reconstrói à medida que os conhecimentos dos alunos vão sendo ampliados durante o processo de escolarização. É por esta razão que Sasseron (2008) defende que a AC deve ser objetivo permanente a ser alcançado na educação em ciências, principalmente para levar os alunos ao conhecimento de novas formas de entender o mundo e a si próprio. Nas palavras da autora, um ensino pautado nos objetivos da AC deve levar os estudantes a:

[...] interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON, 2008, p. 12, grifo nosso).

Introduzir os alunos nessa “nova” cultura significa colocá-los em situação de aprendizagem que exija não somente a apropriação de conhecimentos científicos, mas a elaboração de análises e sínteses, a partir de processos investigativos inerentes à prática científica de investigar um problema, de levantar e testar hipóteses, de coletar e analisar dados, de argumentar criticamente, formulando ideias e novas questões. Para a autora, preparar os alunos para tomarem decisões conscientes “não é um processo simples, meramente ligado à expressão de opinião: envolve análise crítica de uma situação, o que pode resultar, pensando em Ciências, em um processo de investigação” (SASSERON, 2013, p. 45).

Sendo assim, para colocar os estudantes em processo de Alfabetização Científica, Sasseron e Carvalho (2011) e Sasseron (2013; 2015) propõem considerar três eixos estruturantes da AC nas propostas didático-pedagógicas pautadas na abordagem didática investigativa, os quais envolvem: i) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; ii) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores

éticos, políticos que circundam a sua prática; iii) a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Esses eixos, segundo as autoras, podem ser trabalhados em propostas de ensino em que os alunos são defrontados com problemas autênticos e instigantes, nos quais a investigação seja condição necessária para resolvê-los. Esses problemas geralmente estão associados a fenômenos naturais que despertam a curiosidade dos alunos e aos conhecimentos a eles atrelados e relacionados às tecnologias, sociedade e ao meio ambiente (SASSERON. CARVALHO, 2008; 2011). Nas palavras das autoras:

[...] julgamos que o ensino de Ciências em todos os níveis escolares deva fazer uso de atividades e propostas instigantes. E com o uso do termo “instigantes” referimo-nos tanto à resolução de problemas e à exploração de fenômenos naturais, que, por si só, atingem a curiosidade e o interesse dos alunos devido à forma fantástica e ao caráter incrível que se possa mostrar, como também às discussões instigantes devido a sua própria temática. Por sua vez, estas discussões podem despertar o interesse dos alunos por fazerem parte de situações de seu dia a dia ou por indicarem que pensar sobre as ciências, suas tecnologias e as influências, permitem-nos acreditar na possibilidade de um futuro sustentável (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 73, grifos nossos).

Para organizar o ensino de modo a considerar os três eixos estruturantes da AC, Carvalho (2011a) e Carvalho e Sasseron (2012) propuseram o desenvolvimento de atividades investigativas “instigantes”, com base em problemas a serem resolvidos e organizadas no formato de Sequências de Ensino Investigativas – SEI. De modo simples, podemos dizer que uma SEI é um conjunto encadeado de atividades (aulas) estruturadas com base em um tema de ciências e organizadas a partir de ciclos de atividades que envolvam problemas a serem resolvidos, atividades de sistematização de conhecimentos e atividades de contextualização do conhecimento no dia a dia do estudante (CARVALHO, 2013). Esse ciclo de atividades no contexto da SEI deve apresentar relações entre os aspectos da ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como entre os aspectos do fazer e pensar científico.

Diante dessas discussões, parece-nos que a noção de problema no Ensino por Investigação carrega consigo a perspectiva da Alfabetização Científica, e, portanto, os problemas a serem enfrentados e resolvidos pelos alunos em aulas de ciências devem ser organizados com base em propostas de ensino que favoreçam a investigação científica.

Discutimos no capítulo anterior que a noção de problema na linha vygotskyana apresenta características relativas à perspectiva da humanização (em que os homens ao resolverem seus problemas significativos do seu meio, se humanizam). Podemos dizer que no Ensino por Investigação, a ideia de problema está direcionada à perspectiva da Alfabetização Científica (em que os sujeitos ao investigarem e resolverem problemas referentes aos temas de

ciências nas suas relações com o fazer ciência, se alfabetizam cientificamente). Embora essas noções de problemas apresentem perspectivas diferenciadas, a primeira de caráter macro, porque envolve todas as esferas da constituição humana, e a segunda micro, porque envolve, predominantemente, o contexto educativo – embora não seja finalizada ali²⁸, é possível que haja articulação entre elas, principalmente porque ambas parecem se preocupar com o desenvolvimento e formação crítica dos indivíduos quando enfrentam e resolvem problemas relacionados com a sociedade.

Nesse sentido, entende-se que a perspectiva da AC não requer ensinar apenas os produtos da ciência, como os conceitos científicos, mas também ensinar, por meio de processos investigativos, a apropriação dos modos de fazer ciência e raciocinar cientificamente para que os alunos sejam capazes de olhar os problemas do mundo elaborando estratégias e planos de ação. Nas palavras de Carvalho (2011a, p. 253) “o ensino de Ciências se propõe a preparar o aluno desenvolvendo, na sala de aula, habilidades que lhes permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar”.

Esses modos de ação e raciocínio científico, situados na cultura científica, referem-se às práticas ligadas ao processo de produção dos conhecimentos, tais como: pensar sobre um problema, observar, levantar e testar hipóteses, analisar dados, inferir, deduzir, argumentar. Sendo assim, o ensino por investigação na perspectiva da AC “além de possibilitar o contato destes [alunos] com as ferramentas científicas e a identificação de seus potenciais, deve voltar-se também para a apreciação da Ciência como construção humana” (CAPECCHI, 2013, p. 38).

Em síntese, podemos dizer que teoricamente o objetivo de alfabetizar cientificamente os alunos no ensino de ciências parece contribuir para o processo de humanização na perspectiva vygotskyana, tendo em vista que a apropriação dos modos de ação da cultura científica pode potencializar o enfrentamento e a superação de problemas relativos ao meio e vivências dos estudantes nas suas relações com a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Em outras palavras, o objetivo de alfabetizar cientificamente os estudantes em aulas investigativas por meio de problemas pode favorecer a apreciação da Ciência como construção humana, bem como ajudar a desenvolver o pensamento científico do estudante, de modo que o mesmo utilize conhecimentos e práticas da Ciência para enfrentar problemas fora do contexto escolar. Cabe ressaltar que na visão de Gehlen (2009), ao analisar as obras de Vygotsky, essa contribuição se daria ao subordinar os problemas àqueles mais amplos próximos do meio e

²⁸ De acordo com Sasseron (2013), embora a alfabetização científica seja iniciada na escola, esta certamente não se esgota em si mesma e não se restringe ao âmbito escolar.

vivência dos estudantes, isto é, uma relação mais direta entre a noção epistemológica e pedagógica de problema na perspectiva vygotskyana.

Em razão de aprofundar o entendimento sobre os problemas abordados em propostas investigativas que almejam promover a AC e suas relações com Vygotsky, faz-se necessário iniciarmos a discussão buscando analisá-los sob parâmetros - epistemológico e pedagógico -, os quais serão tratados a seguir.

3.2 Dimensão Epistemológica e Pedagógica do Problema no Ensino por Investigação e suas relações com Vygotsky

Em investigações anteriores, Solino (2013) e Solino e Gehlen (2014) buscaram aprofundar os estudos sobre a noção de problema no ensino por investigação com base em duas dimensões: epistemológica – referente à função que este exerce na organização de ensino, ou seja, os fundamentos que sustentam a noção de problema na programação curricular e pedagógica – referente à função que este exerce no desenvolvimento da prática pedagógica.

3.2.1 Dimensão Epistemológica do Problema

Quanto à dimensão epistemológica de problemas propostos em atividades investigativas, há indícios de que estes são reconhecidos como pontos de partida na produção dos conhecimentos dos estudantes (SOLINO; GEHLEN, 2014). Essa constatação encontra-se predominantemente fundamentada na análise do estudo de Carvalho *et al.* (1998), em que os autores tomam como referência Piaget e Bachelard para nortear a ideia de problema nas atividades investigativas. Segundo os autores, “uma atividade para desenvolver conhecimento científico parte da proposição de um problema pelo professor” (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 20).

Estudos mais recentes em que Carvalho (2011a; 2013) propõe a construção de diferentes atividades investigativas para compor uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), apontam alguns aspectos fundamentais para a estruturação da sequência de ensino, sendo que o primeiro deles é a importância de um problema como gênese da construção do conhecimento científico pela criança. Para esta autora, os problemas são essenciais no contexto da SEI e, portanto, devem ser significativos para os alunos investigarem, uma vez que “o problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões” (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 20). Essa dimensão epistemológica do problema relacionada à gênese da construção de entendimentos e saberes também pode ser evidenciada

em diversos outros trabalhos que defendem o ensino por investigação, a exemplo de Barbosa-Lima e Carvalho (2002); Azevedo (2004); e Capecchi (2013); Souza (2015).

Em relação aos estudos de Vygotsky, observa-se que a ideia do problema como gênese da produção do conhecimento também é evidenciada em suas obras (GEHLEN, 2009). Ao discutir o conceito de mediação proposto por este autor, Gehlen (2009) aprofunda a dimensão epistemológica do problema e explica que, no contexto da relação sujeito-objeto, o problema assume a função de *mediador de primeira ordem*, porque ele é o próprio objeto a ser enfrentado e desvelado pelos sujeitos. É com base no enfrentamento de um determinado problema significativo para os indivíduos que os mesmos produzem novos conhecimentos na relação com aqueles já conhecidos. O problema, portanto, se constitui não só como fonte de conhecimento, mas também como produto, isto é, desencadeador e produtor de novos saberes e novos problemas.

Ao transpor essa dimensão para o contexto educativo, Gehlen (2009) chama atenção para a necessidade de considerar a *mediação de primeira ordem* dos problemas na estruturação de propostas de ensino de ciências. Para a autora, esse tipo de mediação refere-se, entre outros aspectos, à ideia de o problema se constituir como objeto na atividade de ensino, bem como ser a gênese da organização curricular e da produção de significados pelos alunos. Em outras palavras, ao mesmo tempo em que o problema é o objeto de conhecimento da programação curricular, é também o objeto de estudo a ser compreendido no decorrer do processo de ensino e de aprendizagem (GEHLEN, 2009).

Nesta perspectiva vygotskyana, não basta que o problema seja reconhecido como gênese do conhecimento, mas que também apresente relações com o meio social e vivências dos estudantes, levando em consideração a historicidade dos sujeitos, de modo que eles se reconheçam na situação problematizada e sintam necessidade de superá-la. Assim, a estruturação da programação dos conceitos científicos, segundo Gehlen e Delizoicov (2013), deve ocorrer a partir da seleção de um determinado problema do meio social dos estudantes.

No Ensino por Investigação, essa mediação de primeira ordem parece não estar presente na estruturação dos problemas, pois não há indicativos de que este seja o objeto de conhecimento das atividades, mas sim os conceitos científicos derivados dos problemas (SOLINO; GEHLEN, 2014). Isso parece ficar claro quando Carvalho *et al.* (1998, p. 17) afirmam que “o que estamos propondo é transformar o conhecimento a ser adquirido pelos alunos [...] em um problema que eles possam resolver”, ou seja, é a partir de um determinado conteúdo ou fenômeno científico que os problemas são formulados, sendo que ao serem

resolvidos, os alunos constroem novos entendimentos sobre conceitos científicos, sendo estes objetos de conhecimentos da atividade.

Fundamentada na ideia de que os objetos da Ciência são construções socialmente negociadas (DRIVER *et al.*, 1999), Carvalho (2011a) concorda que as práticas científicas exercem uma forte influência sobre a produção dos conhecimentos científicos e, por isso, devem também ser integradas aos objetos de conhecimento no ensino de ciências. Ao tratar sobre o ensino de Física, Carvalho e Sasseron (2015) defendem que o objetivo do ensino deve ir além do conteúdo específico, deve propor que os alunos se engajem no desenvolvimento desta disciplina como produção científica. Essa discussão apresenta conexão com a epistemologia da Ciência, com destaque especial para o problema, visto que ele se configura como elemento central da prática científica, pois de acordo com Bachelard (1996) “todo conhecimento é resposta a uma questão”.

Embora os autores que defendem o Ensino por Investigação reconheçam o papel do problema como gênese da construção do conhecimento na Ciência e especialmente no aprendizado escolar (CARVALHO *et al.*, 1998; BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002; AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2011a; 2013; CAPECCHI, 2013; RABONI, 2013), este parece não ser utilizado como ponto de partida na estruturação das SEI. Portanto, eles assumem uma função muito mais de *artifício didático-pedagógico*, do que de estruturador curricular (SOLINO; GEHLEN, 2014). Em outras palavras, ao organizar uma determinada SEI, atividades são elaboradas com base em um tema de ciência e algumas delas podem apresentar problemas do tipo experimental e do tipo teórico a serem resolvidos pelos alunos, bem como outras atividades que envolvam a sistematização e contextualização sobre o tema (CARVALHO, 2013). Esses problemas experimentais e teóricos tornam-se ponto de partidas das suas respectivas atividades, mas não apresentam função de estruturadores da SEI e nem são necessários para compor todas as atividades da sequência - detalhes sobre essa discussão serão aclarados no item 3.4.

Podemos assim dizer que a dimensão epistemológica do problema na SEI não está vinculada à organização curricular, mas sim à estruturação de entendimentos sobre ciências por parte dos alunos, exercendo o papel de *artifício didático-pedagógico*. Vale lembrar que Gehlen (2009) define o termo *artifício didático-pedagógico* como um tipo de função atribuído aos problemas que possuem uma natureza conceitual e que têm como objetivo engajar os alunos no processo de aprendizagem dos conceitos. No caso da abordagem investigativa, a ideia do problema como *artifício didático-pedagógico* deve ser ampliada para além do objetivo de levar os alunos à conceituação científica, deve também vincular-se à aprendizagem dos

processos que envolvem a ciência. Tais processos que envolvem o fazer científico, a exemplo das práticas epistêmicas de produção, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos em sala de aula (KELLY, 2011) são fundamentais na abordagem do ensino por investigação para desenvolver o raciocínio dos estudantes. Para Osborne (2015), a mobilização de conhecimentos conceituais, processuais e epistêmicos trabalhados em aulas investigativas de ciências colabora para a construção do raciocínio científico dos estudantes.

Sendo assim, o critério de escolha dos problemas utilizados nas SEI segue uma linha conceitual, porque encontra-se vinculado aos temas e/ou tópicos de ciências, ou seja, a partir destes criam-se problemas para serem investigados e resolvidos pelos estudantes (SOLINO; GEHLEN, 2014). Deste modo, tanto os problemas quanto os conceitos estão subordinados a um tema específico de ciências, o que parece evidenciar uma aproximação à abordagem temática de ensino, discutida no capítulo anterior, cujos conceitos e conteúdos estão subordinados a temas. Exemplos de temas podem ser evidenciados no Livro Didático Investigar e Aprender Ciências – 4º ano do ensino fundamental, organizado por quatro tipos de Sequências de Ensino Investigativas, quais sejam: “Os Caminhos das Águas”; “Como se forma a chuva?”; “Debaixo d’água” e “Navegação e Meio Ambiente” (CARVALHO *et al.*, 2011). Em outras palavras, os problemas na abordagem investigativa

[...] são planejados para serem trabalhados no contexto de sala de aula, isto é, uma vez escolhidos os conteúdos ou os temas científicos, são transformados em problemas experimentais ou não experimentais (CARVALHO, 2013), os quais são importantes para organizarem e nortear as atividades investigativas (SOLINO; GEHLEN, 2014, p. 148, grifo nosso).

A ideia de propor problemas de natureza conceitual no contexto da abordagem investigativa parece vincular-se a um dos objetivos presentes na Alfabetização Científica: inserir os alunos numa nova cultura que possibilite conhecer, compreender e utilizar conhecimentos e habilidades do fazer científico para resolver os problemas que envolvam fenômenos naturais ou científicos imersos no seu dia a dia (SASSERON; CARVALHO, 2011; CAPECCHI, 2013). Cabe novamente ressaltar que a AC, quando objetivada em propostas de ensino por investigação, não privilegia apenas a aprendizagem de conceitos, mas também a compreensão do conhecimento epistêmico, o qual envolve a natureza do raciocínio científico (levantar e testar hipóteses, analisar teoricamente as evidências, construir argumentos, sintetizar o conhecimento), bem como um conhecimento processual, o qual envolve habilidades do fazer científico (planejar ações, construir gráficos e tabelas, coletar dados) (OSBORNE, 2015).

3.2.2 Dimensão Pedagógica do Problema

Quanto à dimensão pedagógica de problemas no Ensino por Investigação, Solino e Gehlen (2014) destacam a sua função principal como *mediadores de segunda ordem* das atividades, ao mesmo tempo em que cumprem o papel de engajar os alunos na tarefa e desencadear ações investigativas que dela demandam, a fim de promover a Alfabetização Científica. Com base nas discussões de Gehlen (2009), essa mediação encontra-se vinculada ao fato de os problemas não constituírem como estruturadores do currículo, mas sim como *artifícios didático-pedagógicos*, cujo papel é mediar a conceituação científica. No Ensino por Investigação esse papel de *artifício didático-pedagógico* pode ser importante para motivar os alunos durante o processo de construção de entendimentos sobre temas de ciências.

Quando se trata de analisar o *papel* do problema, buscamos evidenciar seu principal propósito no processo educativo. A compreensão do problema como um elemento motivador da aprendizagem dos alunos pode ser evidenciada nas palavras de Carvalho *et al.* (1998) ao mencionar que “o problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões”. Carvalho (2011a) ainda acrescenta que:

O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno. Como partimos do pressuposto de que é o aluno o construtor do conhecimento e este conhecimento é resposta a uma questão, se essa questão não motivar o aluno e não for significativa para ele, ele não irá construir o conteúdo desejado (CARVALHO, 2011a, p. 259, grifos da autora).

A defesa de que o problema precisa ser motivador para o aluno construir entendimentos sobre ciências também é sinalizado no estudo de Clement (2013) ao apontar a motivação como um dos critérios importantes a serem considerados durante a formulação de um problema no ensino por investigação. O autor menciona que a motivação pode ser criada por meio de problemas que envolvam simulações fictícias, desafios, controle e que estimulem a curiosidade e a imaginação dos estudantes. Mas destaca que é importante sempre dosar moderadamente o nível de dificuldade do problema e o nível de curiosidade, deixando-os sempre equilibrados para que não haja desinteresse por parte do aluno.

Compreender o problema como elemento motivador da atividade parece se aproximar das discussões de Vygotsky, quando afirma que a motivação no processo de aprendizagem é um elemento que vem de fora, que surge das necessidades dos sujeitos, a qual é desencadeada pelo contexto e pelas interações sociais e não algo interno aos indivíduos ou fruto de um desenvolvimento inato (NEWMAN; HOLZMAN, 2002). Além disso, essa discussão sobre as

relações entre problema-motivação no ensino por investigação parece também acercar-se do conceito de ZDP deste autor.

Embora Carvalho (2011a) não tenha mencionado as relações entre motivação-ZDP em seus estudos, parece-nos interessante refletir sobre a possibilidade de agregar este elemento vygotskyano para compreender o que a autora quer se referir quando afirma que o problema deve ser significativo sob o ponto de vista do estudante. Para aprofundarmos um pouco mais essa discussão, vejamos a argumentação de Carvalho (2013) na citação a seguir:

Entretanto, não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto (CARVALHO, 2013, p. 6, grifos nossos).

Para a autora, um problema significativo é aquele que mantém relações com o universo cultural dos estudantes, um problema que os instigue a enfrentá-lo e a resolvê-lo. O termo “instigante”, de acordo com Sasseron e Carvalho (2011, p. 73), parece pautar-se em problemas que envolvem fenômenos que despertem o interesse dos alunos. Nas palavras das autoras, refere-se “[...] à resolução de problemas e à exploração de fenômenos naturais, que, por si só, atingem a curiosidade e o interesse dos alunos”. Carvalho *et al.*, (1998, p. 20) ainda explicam que “resolver um problema intrigante é motivo de alegria, pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez e tente dar explicações”.

Outro ponto importante mencionado no excerto de Carvalho (2013) é que o problema deve ser interessante de tal modo que leve os alunos a se envolverem na busca da sua solução. Essa afirmação parece fazer sentido com o que Newman e Holzman (2002) discutem sobre a aprendizagem ao relacioná-la à crescente capacidade das crianças se envolverem na atividade. Baseado em Vygotsky, os autores explicam que a aprendizagem conduzindo o desenvolvimento na ZDP está relacionada ao envolvimento volitivo e consciente da criança na tarefa.

Assim, podemos dizer que os problemas significativos na abordagem investigativa referem-se às situações desafiadoras que envolvem fenômenos naturais ou científicos presentes no cotidiano dos estudantes e que despertam interesse, curiosidade e engajamento consciente dos mesmos na busca da sua solução. Fenômenos inseridos no nosso dia a dia que envolvem discussões sobre reflexão, calor e temperatura, entre outros, podem ser transformados em problemas significativos, por exemplo: “*como é que a gente pode fazer para iluminar um pedaço de*

isopor que está atrás da cartolina, usando somente dois espelhos?” (CARVALHO, et al., 1998; 117); “o que acontece com a temperatura da água enquanto nós a aquecemos? Em que situação podemos conseguir uma lata de refrigerante em menos temperatura: colocando-a em água a 0°C ou colocando-a em gelo a 0°C?” (AZEVEDO, 2004, p. 28). Cabe salientar que tal noção de problema significativo no Ensino por Investigação se difere da noção de problema em Vygotsky, pois para este autor, um problema significativo é aquele que emerge das situações ou práticas sociais contraditórias vivenciadas pelos alunos (GEHLEN, 2009).

O argumento de Carvalho (2013) de que o problema dever estar situado na cultura do aluno também pode aproximar-se do conceito de ZDP de Vygotsky (2007) ao fazermos relação com a colaboração em sala de aula. Para resolver um problema que envolva um fenômeno instigante presente na cultura do aluno é necessário levar em consideração as ações colaborativas entre os sujeitos. E, portanto, se para o aluno o problema instigante estiver situado para além da ZDP, isto é, fora da zona de colaboração entre os sujeitos, logo não haverá desenvolvimento e aprendizagem potencial da criança. De acordo com Vygotsky (2007), a zona de desenvolvimento proximal sempre prescindirá uma ação colaborativa, seja ela do professor ou de outros alunos imersos em uma determinada cultura.

Sendo assim, há indícios de que a relação motivação-ZDP na abordagem didática investigativa apresenta-se atrelada não somente ao teor do problema formulado, que busca preocupar-se com o interesse dos estudantes, mas também a um determinado grau de dificuldade que exija do aluno recorrer a ações colaborativas de outras pessoas para resolvê-lo. Cabe salientar que se o problema for estruturado sem considerar o universo cultural da criança, poderá ocorrer duas situações, as quais, do ponto de vista vygotskyano, levariam a uma improdutividade da atividade didático-pedagógica: o primeiro caso refere-se à formulação de um problema aquém do nível intelectual da mesma, no sentido deste não se configurar como um problema para ela, mas sim como apenas um exercício, o qual pode ser resolvido de forma rápida e mecânica sem ajuda do professor ou dos seus colegas; e o segundo caso refere-se ao problema situar-se para além do nível potencial de desenvolvimento e aprendizagem da criança, em que mesmo com ajuda e colaboração de alguém mais capaz é muito difícil que a criança consiga compreender a solução. Portanto, entendemos que o papel do problema na abordagem investigativa envolve uma motivação a ser desencadeada durante o enfrentamento do problema, a qual dependerá não somente do grau de interesse e curiosidade que o problema deverá criar, mas também da atuação colaborativa do professor na ZDP dos estudantes.

Contudo, nessa abordagem de ensino, os problemas não são reduzidos apenas ao papel de motivar. Quando analisamos a sua *função*, buscamos entender especificamente a sua posição

e aplicabilidade no processo didático-pedagógico. Carvalho (2013) menciona que ao elaborar uma SEI devemos levar em consideração os problemas para que estes ofereçam condições para os alunos pensarem e trabalharem com variáveis relevantes ao fenômeno científico estudado. Em virtude disso, entendemos que os problemas são condições fundamentais para que haja investigação, e, por isso, devem compor as atividades para que o processo didático pedagógico investigativo seja iniciado.

Nossos estudos (SOLINO, 2013; SOLINO; GEHLEN, 2014) têm apontado uma função relevante para o problema nessa abordagem de ensino, que é a de mediador das relações entre os sujeitos e o objeto de conhecimento. Ao examinar o problema na dinâmica das atividades investigativas, Solino e Gehlen (2014, p. 149) explicam que:

[...] é necessário entender que o problema nas atividades investigativas tem a função de mediar as relações entre professor e aluno, uma vez que os questionamentos em torno do problema pelo professor encontram-se vinculados tanto à ação investigativa dos estudantes, quanto à elaboração das explicações sobre o fenômeno em estudo. Isso indica que os problemas nessa perspectiva de ensino são importantes para o trabalho em sala de aula, uma vez que o seu foco é mediar o processo de construção de conhecimento do sujeito (SOLINO; GEHLEN, 2014, p. 149, grifos nossos).

A mediação estabelecida pelo problema entre professor e aluno ocorre inicialmente no processo de estruturação da atividade de ensino, se configurando como mediador de segunda ordem. Com base em Vygotsky, Gehlen (2009) explica que as atividades didático-pedagógicas de ciências que tenham como ponto de partida a conceituação científica para configurar os problemas, estes são vistos como *mediadores de segunda ordem*, uma vez que os problemas mantêm certa relação com os conceitos, sendo estruturados por conteúdos disciplinares de ciências. Assim sendo, há uma relação entre problema-conceito, porém, o processo didático pedagógico tem como ponto inicial a conceituação científica, diferente da mediação de primeira ordem, em que o problema assume a função de objeto de conhecimento, sendo ele o próprio ponto de partida para estruturar a programação de ensino.

Essa mediação de segunda ordem também está relacionada ao fato de o problema assumir, no processo educativo, a função de *artifício didático-pedagógico*, tornando um elemento intermediário para auxiliar na elaboração da conceituação científica pelos alunos. Este problema *mediador de segunda ordem* deve situar-se em torno daquilo que os estudantes já sabem e dominam (seus conhecimentos cotidianos) e aquilo que eles poderão vir a conhecer (conhecimentos científicos), remetendo à ideia anteriormente discutida sobre a ZDP na abordagem investigativa.

Nesta relação entre sujeitos e conhecimentos, o professor assume o papel de autoridade social e epistêmica (BERLAND; HAMMER, 2012), sendo representante dos conhecimentos científicos, ao sistematizá-los e legitimá-los em sala de aula, ao mesmo tempo em que os alunos agem como representantes dos seus conhecimentos cotidianos trazidos durante o enfrentamento do problema que, por sua vez, quando explicitados, são potencialmente sistematizados pelo professor durante o processo de significação. Desta forma, o problema na dimensão pedagógica é mediador tanto das relações entre os sujeitos (estudantes-professor) quanto das relações entre os conhecimentos (conhecimentos cotidianos-conhecimentos científicos), conforme síntese expressa na Figura 2. Cabe ressaltar que a leitura desta figura não propõe a ideia de que os conhecimentos cotidianos estejam relacionados apenas aos estudantes e os conhecimentos científicos apenas ao professor. Ambos os tipos de conhecimentos podem compor o repertório intelectual dos sujeitos, sendo que na escola é esperado que o professor trabalhe com os conhecimentos científicos, pois é dele o papel de autoridade social e epistêmica ao sistematizar e legitimar os conhecimentos dos estudantes.

Figura 2: O problema como mediador de segunda ordem nas relações entre sujeitos e conhecimentos na abordagem didática do ensino por investigação

Compreendemos ainda que no processo de ensino-aprendizagem diversos são os elementos mediacionais que permeiam as relações entre os sujeitos e o conhecimento, os quais não se esgotam no problema, a exemplo dos livros didáticos, aparato experimental, entre outros. Porém, no ensino por investigação entende-se o problema como mediador por excelência, pois é por meio dele que a produção de entendimentos sobre os conhecimentos científicos acontece em sala de aula. Nesse sentido, torna-se relevante darmos continuidade às discussões sobre esta dimensão pedagógica do problema, principalmente porque elas são cruciais para orientar o nosso estudo acerca do processo de significação em aulas investigativas.

Cabe ainda ressaltar que, devido ao fato de os problemas na abordagem investigativa exercerem função de *artifícios didático-pedagógicos*, os denominaremos como Problemas Didáticos²⁹, tendo em vista que eles são marcadamente caracterizados pelo viés conceitual, pois são elaborados com base em temas de ciências, os quais demandam ações investigativas para resolvê-los. Além disso, esses problemas didáticos estão na perspectiva da Alfabetização Científica, uma vez que consideram as relações entre os fenômenos científicos, os elementos típicos da natureza da ciência e suas articulações com a tecnologia, sociedade e ambiente.

3.3 Elaboração de Problemas Didáticos no Ensino por Investigação

Diante das discussões tecidas neste capítulo sobre a noção de problema na abordagem investigativa de ensino, elencamos três aspectos fundamentais a serem considerados durante a elaboração de Problemas Didáticos em Sequências de Ensino Investigativa (SEI), quais sejam:

3.3.1 Critério de Seleção - Conforme salientamos anteriormente, os problemas didáticos presentes na SEI são, comumente, elaborados com base em temas de ciências e servem como ponto de partida para iniciar o processo de ensino e de aprendizagem ou, em alguns casos, podem servir como ponto de chegada para o professor sistematizar ou analisar a aprendizagem dos alunos (CARVALHO, 2013). O seu critério de seleção, portanto, é marcadamente conceitual (uma vez que são elaborados com base em temas de ciências), podendo agregar também critérios procedimentais (uma vez que são organizados conforme os procedimentos necessários e assegurados para sua solução), atrelados à finalidade educativa do professor. Cabe salientar que os problemas didáticos não são utilizados como estruturados das sequências de ensino (SOLINO; GEHLEN, 2014). Geralmente eles são expressos em forma de perguntas ou situações hipotéticas criadas pelo professor, com o intuito de gerar nos alunos um estado psicológico de dificuldade ou “desequilíbrio intelectual”, e consequentemente uma motivação para buscar resolvê-lo.

3.3.2 Tipos de Problema – Os problemas didáticos podem ser do tipo experimental ou teórico. Carvalho (2013) explica que os problemas experimentais são aqueles que envolvem materiais didáticos (objetos físicos) para serem testados ou manipulados pelos estudantes ou

²⁹ Utilizaremos este termo "Problema Didático", porque estamos pensando no problema que é estruturado didaticamente para ser trabalhado em sala de aula, bem como para se diferenciar dos problemas propostos pela Ciência.

professor. O material deve permitir que os alunos diversifiquem suas ações para resolver o problema. Quando esses materiais apresentam algum tipo de perigo para os estudantes, sobretudo quando se trata de ensinar ciências para alunos dos anos iniciais, os problemas podem ser resolvidos por meio de uma demonstração investigativa gerenciada pelo professor.

Azevedo (2004) explica que os problemas experimentais podem ter distintas naturezas, desde aqueles voltados para atividades de demonstração investigativa (a investigação do problema é feita com base em uma demonstração experimental conduzida pelo professor) até aquelas que perpassam aspectos do laboratório aberto (a investigação do problema é feita com base em uma experimentação conduzida pelo aluno). É preciso esclarecer que não necessariamente todas as atividades presentes em uma SEI devam conter um problema experimental, mas é recomendado que no mínimo um problema desse tipo se faça presente (CARVALHO, 2013), de forma a ampliar os conhecimentos dos alunos sobre os aspectos que envolvem a cultura científica, especialmente no que tange a práticas de experimentação. Os problemas didáticos experimentais podem ser expressos da seguinte forma: *“Como construir um barquinho que na água consiga carregar o maior número de pecinhas sem afundar?”*; *“Como será que a gente faz para colocar papel dentro de um copo e afundar o copo dentro da bacia com água, sem molhar o papel?”* (CARVALHO, et al., 1998).

É importante que durante o planejamento desses problemas o professor organize simultaneamente o material didático experimental, pois este dará suporte para que os alunos resolvam o problema experimental. Carvalho (2013) chama atenção para o fato de que o material didático deve despertar o interesse do aluno e possibilitar que os mesmos organizem diferentes ações para que verifiquem novas alterações no fenômeno em estudo e estructurem suas regularidades.

Já os problemas teóricos são aqueles propostos com base em análise de imagens, textos ou ideias. Esse tipo de problema pode iniciar uma sequência de ensino, mas, geralmente, são utilizados como atividade complementar visando a introduzir os alunos em outras linguagens da ciência, como leitura de gráfico ou tabela (CARVALHO, 2013). Assim, diversas atividades cujo objetivo seja sistematizar aquilo que foi investigado pelos alunos, costumam ser orientadas por problemas didáticos dessa natureza. São exemplos de problemas didáticos teóricos: *“Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?”*; *“O que você acha que acontece com seres vivos marinhos que são despejados num local com condições climáticas adequadas, com muito alimento e longe de seus predadores?”* (CARVALHO et al., 2011).

Para resolver os problemas didáticos, do tipo experimental ou teórico, Carvalho (2013) aponta algumas ações importantes a serem realizadas pelo professor para o desenvolvimento intelectual dos alunos, tais como: propor o problema; deixar que os alunos planejem e discutam a solução em grupos; sistematizar o conhecimento dos alunos após a resolução; propor um trabalho escrito para que os alunos relatem o que fizeram e exponham seus entendimentos. Cabe lembrar que qualquer que seja o tipo de problema didático proposto, este deve ser bem planejado, de modo a considerar a ZDP dos alunos.

3.3.3 Graus de Abertura - Os problemas didáticos podem apresentar graus de abertura no que se refere à sua estrutura. Eles podem ser totalmente abertos, do tipo em que há várias respostas possíveis para sua solução, conforme abordagem defendida por Gil *et al.* (1992) em que propõem “eliminar os dados e precisões dos enunciados habituais e construir enunciados mais abertos capazes de gerar uma resolução de acordo com as características do trabalho científico” (p.12). Para os autores, transformar os problemas fechados de lápis e papel em problema aberto permite que os sujeitos definam juntos qual o interesse da situação problemática abordada e isso requer análise qualitativa da situação, com emissão de hipóteses, com elaboração e explicação de possíveis estratégias de resolução e pode culminar na construção de argumentos sobre o que se faz. Além disso, esse grau de abertura do problema permite abordar a situação em níveis maiores de complexidade e exige a elaboração de uma memória que explique ao final todo o processo de resolução. Um exemplo de problema aberto pode ser apresentado da seguinte forma: “Um carro começa a frear ao ver a luz amarela, que velocidade terá no semáforo?” ou “O trem vai bater na pedra que se encontra no meio dos trilhos?” (GIL *et al.*, 1992).

Por outro lado, os problemas didáticos também podem ser fechados, do tipo que exista apenas uma única solução, a exemplo do problema da travessia do rio presente na SEI Navegação e Meio Ambiente: “Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?” (CARVALHO *et al.*, 2011). Cabe ressaltar que, no contexto da abordagem investigativa, os problemas fechados devem ser analisados qualitativamente, permitindo a elaboração de hipóteses, o planejamento de estratégias de resolução e a construção de argumentos.

É importante que fique claro que o grau de abertura do problema não deve ser confundido com o grau de abertura da investigação ou grau de liberdade intelectual dada pelo professor durante a resolução do mesmo, embora estejam relacionados entre si. Nesta pesquisa,

entendemos que os problemas didáticos abertos e fechados têm a ver com a possibilidade de soluções e não com a forma em que estes são analisados e enfrentados na aula. Desta maneira, tanto os problemas abertos quanto os problemas fechados podem ser trabalhados no contexto do ensino por investigação, desde que o aluno tenha liberdade intelectual para investigá-lo qualitativamente (CARVALHO, 2006).

De acordo com Carvalho (2006) desenvolver uma atividade investigativa, especialmente experimental, requer pensar no grau de liberdade atribuído ao aprendiz durante o processo de aprendizagem, o qual, segundo recomendações da autora, deve necessariamente envolver ações investigativas dos alunos que contemplem os níveis III e IV, conforme indica a Figura 3. Esses níveis consideram tanto o protagonismo do aluno ao levantar suas hipóteses, planejar o trabalho, quanto obter dados e concluir resultados, mas não visam à elaboração de problemas pelo próprio estudante. A ação de criar um problema, presente no grau V, é uma liberdade a ser garantida aos alunos, segunda a autora, somente em cursos de formação superior, em nível de mestrado e de doutorado, em razão de que nesta fase de formação do indivíduo subentende-se que o mesmo tenha alcançado certo grau de maturidade intelectual para formular e resolver problemas científicos autonomamente.

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
PROBLEMA	P	P	P	P	A
HIPÓTESES	P	P	P	A	A
PLANO DE TRABALHO	P	A	A	A	A
OBTENÇÃO DE DADOS	A	A	A	A	A
CONCLUSÃO	P	P	A	A	A

Figura 3: Graus de Liberdade Intelectual distribuída aos alunos durante o processo de investigação, de acordo com Carvalho (2006).

Cabe salientar que o grau I é visto como não investigativo, uma vez que boa parte das ações é executada pelo professor. No grau II é possível notar uma mudança em relação ao anterior, pois os alunos passam a ter liberdade não só durante a obtenção dos dados, mas também no planejamento de suas ações. Ainda que os graus III e IV sejam ideais para desenvolver a liberdade intelectual do aluno é importante frisar que a participação e colaboração do professor não são ignoradas neste processo (CARVALHO, 2006).

Assim, entendemos que o grau de abertura do problema pode variar a depender do conteúdo e objetivo de ensino que se pretende alcançar, bem como da forma que o grau de

liberdade está sendo distribuído pelo professor durante o percurso da investigação do problema didático enfrentado pelos alunos.

3.4 Problemas Didáticos na Estruturação e na Implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEI)

Voltando às discussões sobre a dimensão pedagógica dos problemas didáticos em atividades investigativas, partimos do pressuposto de que há certa modificação na função exercida pelos problemas quando analisamos a implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEI). Entendemos que a função dos problemas didáticos pode alterar-se a depender da posição que ocupam na sequência de ensino e essa posição envolve tanto a análise da estruturação ou planejamento das SEI, quanto do desenvolvimento ou implementação da mesma em sala de aula. Antes de iniciarmos essa discussão, consideramos necessário retomar alguns dos principais fundamentos teórico-metodológicos que sustentam a SEI para que possamos avançar na análise pedagógica dos problemas.

Conforme mencionamos nesta tese, as Sequências de Ensino Investigativa (SEI) sintetizam um conjunto de pesquisas sobre ensino de ciências desenvolvidos no LaPEF, ao longo de quase 20 anos, realizadas com crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental (CARVALHO *et al.*, 1998; SEDANO, 2005; LOCATELLI, 2006; PADILHA, 2008; SASSERON, 2008; RABONI, 2013). Recentemente, a SEI também tem sido utilizada para estruturar atividades investigativas para o Ensino Médio, com ênfase em temáticas da Física Moderna (BARRELO JR³⁰, 2010; LOPES, 2013) e temas que envolvem Calor e Temperatura (CARVALHO, *et al.*, 2014). Os fundamentos teóricos que sustentam a base da elaboração da SEI são em grande parte derivados dos estudos de Piaget, Vygotsky e seus seguidores. Sobre isto, Carvalho (2013) menciona a influência desses dois teóricos no cotidiano escolar:

Muitos fatores e muitos campos do saber influenciaram a escola de uma maneira geral e o ensino em particular, entretanto, podemos citar, entre os trabalhos que mais afetaram o cotidiano das salas de aula de ciências, as investigações e teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam e os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotski e seus seguidores (CARVALHO, 2013, p.1).

Alguns dos importantes pressupostos desses teóricos foram incorporados na organização das Sequências de Ensino Investigativas, como por exemplo: as contribuições piagetianas sobre a aprendizagem como processo ativo do aprendiz, a importância de

³⁰ A SEI “O que é Luz” desenvolvida por este autor foi inspirada e adaptada do trabalho de Brockington (2005).

considerar os conhecimentos prévios dos alunos e os erros no processo de elaboração do conhecimento, bem como a relevância de organizar atividades práticas ou manipulativas, de modo a valorizar as ações dos sujeitos. Além disso, a ideia de inserir problemas em atividades de ciências também foi uma das grandes contribuições de Piaget, não somente para levar os alunos ao pensamento científico, mas também para diferenciar do ensino expositivo feito pelo professor com base na pedagogia tradicional, cujo desenvolvimento do raciocínio é exclusivamente elaborado pelo professor (SOUZA, 2015). Como alternativa ao ensino expositivo, Carvalho (2013) defende o ensino investigativo, argumentando que “quando o professor propõe um problema, convida o aluno a raciocinar e sua ação passa a ser a de orientar e encaminhar as reflexões do aluno na construção do conhecimento novo” (p.2), dando a eles liberdade intelectual.

Quanto às contribuições vygotskianas para a organização da SEI, destacam-se o papel especial da linguagem na formação dos conceitos científicos e os processos sociais na formação de funções psicológicas superiores, conforme escreve Carvalho:

A importância do psicólogo Vygotsky para o ensino fundamenta-se em dois temas que o pesquisador desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que ‘as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais’. [...] O segundo tema foi demonstrar que os processos sociais e psicológicos humanos “se firmam por meio de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico”. Assim o conceito de interação social mediada por artefatos sociais e culturalmente construídos (o mais importante deles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria Vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (CARVALHO, 2013, p.4)

Além disso, o papel da colaboração e a zona de desenvolvimento proximal, bem como as interações professor-aluno durante a resolução de problemas são também considerados importantes contribuições vygotskianas para os fundamentos da SEI (CARVALHO, 2013), as quais serão aprofundadas, ao longo deste capítulo.

3.4.1 Problema Didático (PD) na estruturação da SEI

Discutimos anteriormente que o papel do problema em atividades investigativas é motivar os alunos de modo a tornar o problema significativo para ele. Vimos que esta significação depende da seleção de fenômenos científicos ou naturais que possam despertar o interesse e a curiosidade do estudante e, além disso, deve estar vinculada ao seu universo

cultural, o qual, segundo nossa análise teórica, pode relacionar-se à ideia de ZDP de Vygotsky. Vimos também que o papel do problema de motivar o aluno, presente no âmbito da estruturação ou planejamento de Sequências de Ensino Investigativas (SEI), está na condição de *artifício didático-pedagógico*, uma vez que os problemas são criados exclusivamente pelo professor com base em temas de ciências, tendo como função mediar relações entre sujeitos e objetos de conhecimentos. Cabe ressaltar que esta mediação é caracterizada como de segunda ordem, pois os problemas no contexto da estruturação do ensino não assumem papéis de objetos de conhecimentos, mas sim de recursos motivacionais colocados no interior da atividade investigativa para desenvolver nos alunos a conceituação científica e habilidades inerentes ao fazer científico.

Devido ao fato da abordagem investigativa relacionar-se ao processo da Alfabetização Científica (SASSERON, 2008; 2015) temos indícios de que os objetos de conhecimentos na estruturação da SEI estão vinculados aos conteúdos científicos e suas relações com a tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como aos conteúdos que envolvem a natureza da ciência. Para clarificar tais discussões, usamos o esquema triangular básico de mediação vygotskyana para representar a função mediadora de segunda ordem do problema didático, nas relações entre sujeito e o objeto no contexto da estruturação da SEI, conforme podemos ver na Figura 4.

Figura 4: Função do Problema Didático na Estruturação da SEI

De acordo com Vygotsky (2007; 2009a), as relações entre sujeito e objeto podem ser imediatas ou diretas ou podem ser mediadas por algum tipo de elemento culturalmente disponível, a exemplo dos instrumentos psicológicos que servem para orientar os processos mentais dos indivíduos como a linguagem verbal, os esquemas, os desenhos, os sinais convencionais entre outros. Para o autor, toda ação direta do sujeito para com o objeto é uma relação elementar que se iguala às ações naturais, constantemente utilizada pelos animais. No

homem, essa relação tende a ser mediada a partir de instrumentos que representam os estímulos de segunda ordem, ou seja, elementos mediadores que atuam no sujeito para agir e compreender o objeto.

Conforme discutimos anteriormente, Gehlen (2009) traça uma relação entre mediação-problema e propõe a ideia de que os problemas também podem assumir a função de *mediadores de segunda ordem* no interior de uma atividade didático-pedagógica, cumprindo a função de *artifícios didático-pedagógicos* para ajudar os alunos no desenvolvimento da conceitualização científica.

Nesta Figura 4, a linha tracejada do PD para com o sujeito e a linha contínua do PD para com o objeto indicam que o problema criado pelo professor mantém relações muito mais próximas com o objeto de conhecimento do que com os sujeitos da aprendizagem, que neste caso, são os estudantes. Embora o PD seja colocado na atividade para orientar os processos mentais dos estudantes, as relações que este problema estabelece com o objeto de conhecimento é mais estreita, tendo em vista a sua natureza conceitual, a qual encontra-se relacionada a temas ou conteúdos de ciências. Por exemplo, quando um professor planeja trabalhar um determinado conceito ou noção sobre pressão hidrostática, formula um determinado problema que tenha relações com este fenômeno para que os alunos consigam compreendê-lo à medida que solucionam. É por esta razão que o PD assume o papel de *mediador de segunda ordem* colocado na relação sujeito-objeto, pois serve como recurso motivador para desenvolver a conceitualização científica e, conseqüentemente, o raciocínio científico (OSBORNE, 2015), conforme é possível verificar no exemplo abaixo (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Exemplo do PD como *artifício didático-pedagógico* na estruturação de uma atividade no contexto da SEI

O exemplo de problema apresentado na Figura 4.1 foi extraído da SEI “Os Caminhos da Água”, do Livro Didático Investigar e Aprender Ciências – 4º ano do Ensino Fundamental. Esta SEI visa “abordar o caminho que a água percorre para chegar a nossas casas, levando em consideração o fenômeno físico da pressão da água” (CARVALHO *et al.*, 2011, p. 16). Para alcançar tal objetivo, a sequência de ensino apresenta diferentes atividades e problemas didáticos que discutem desde a distribuição da água até questões que envolvem de onde ela vem, a sua qualidade para o consumo e o problema da seca no nordeste brasileiro. No exemplo acima, o problema didático presente na atividade é do tipo experimental, o qual tem o objetivo de desenvolver nos alunos a compreensão inicial sobre a noção de pressão a partir do entendimento de que a altura da água em uma coluna implica no alcance do jato de água que sai pelo orifício localizado próximo à sua base.

Outro exemplo que podemos citar é o problema didático do tipo teórico presente na SEI “Navegação e Meio Ambiente” (CARVALHO *et al.*, 2011), cujo objeto de conhecimento da tarefa é o entendimento sobre a importância de distribuir o peso das pessoas levando em consideração a capacidade do barco. O problema é enunciado da seguinte forma: “*Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?*”. Essa atividade investigativa é complementar a uma outra atividade que tem como investigação um problema didático experimental de construção de um barquinho, cujo objeto de estudo é o entendimento da relação entre os conceitos de volume e massa: “*Como construir um barquinho capaz de carregar o maior número possível de pecinhas sem afundar na água?*”. Observa-se, portanto, que, do mesmo modo que o problema didático do tipo experimental exemplificado na Figura 4.1 exerce função de *artifício didático-pedagógico* para conduzir os alunos à compreensão do objeto de estudo, acontece de igual maneira com os problemas didáticos teóricos.

Contudo, embora as relações que os PD, em geral propostos nas SEI, estabelecem com os sujeitos da aprendizagem envolvam fenômenos científicos ou situações cotidianas desafiadoras que despertam a curiosidade e interesse dos mesmos, estes problemas didáticos não são genuínos para o aluno, uma vez que os mesmos não são reconhecidos por ele de imediato, mas sim pelo professor, em virtude da sua necessidade de ensinar um determinado conteúdo escolar. Desse modo, o aluno, a princípio, pode não se reconhecer no problema didático formulado, mas isso não inviabiliza a sua capacidade de engajar-se para resolvê-lo durante o percurso da investigação (CAPECCHI, 2004). Capecchi e Carvalho (2006), por exemplo, mostraram em seu estudo que a reformulação do PD e a construção do mesmo em

aulas investigativas pode ser uma importante solução para levar os alunos ao reconhecimento do problema.

Em síntese, esses problemas *mediadores de segunda ordem*, denominados nesta tese de Problemas Didáticos, são planejados previamente pelo professor para compor as atividades presentes nas Sequências de Ensino Investigativa. Eles são importantes para organizar o processo de ensino-aprendizagem de ciências, uma vez que a partir deles o professor tem possibilidade de encaminhar o processo investigativo, por meio de diálogos colaborativos estabelecidos entre ele e seus alunos. Ao olharmos a sequência de ensino como um todo, vemos que os problemas didáticos servem para mediar os entendimentos dos alunos em relação ao objeto de conhecimento, os quais envolvem os conteúdos científicos nas suas relações com a tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como com a natureza da ciência.

3.4.2 Problema Didático (PD) na implementação da SEI

Antes de analisarmos os Problemas Didáticos no contexto de implementação da SEI, faz-se necessário apresentarmos as ações a serem conduzidas pelo professor ao colocar em prática uma Sequência de Ensino Investigativa. Segundo Carvalho (2013), essas ações envolvem tanto o gerenciamento da classe quanto as interações discursivas entre os sujeitos, as quais podem ser organizadas nas seguintes etapas:

I) Proposição do problema pelo professor – nesta etapa o professor propõe o problema didático (seja ele teórico ou experimental) e distribui os materiais necessários para os alunos. Neste momento, o professor organiza a classe em pequenos grupos e confere se todos compreenderem a consigna do problema;

II) Resolução do problema pelos alunos – nesta etapa os alunos em grupo podem planejar suas ações para manipular o objeto experimental, propondo e testando hipóteses, ou, em casos em que o problema seja teórico, o professor cria condições para que os alunos compartilhem suas hipóteses por meio do diálogo, colocando-as em testes. O erro nessa etapa é fundamental para permitir um amplo contato com as condições e variáveis que podem interferir na resolução do problema;

III) Sistematização do conhecimento elaborado nos grupos – ao resolverem o problema, o professor organiza a classe em um grande círculo para um debate. O professor solicita que os alunos contem como fizeram para resolver o problema e o porquê da forma como foi feito deu certo ou errado. Nesse momento, os alunos tomam consciência das suas ações e buscam explicações

causais para sustentar seu raciocínio, por meio de respostas a perguntas dos tipos “como” e “por que”. Para ajudar a sistematizar o pensamento dos alunos, o professor introduz novos conceitos científicos por meio de diferentes estratégias, tais como: leitura de textos e atividades complementares que contextualizem o problema com questões tecnológicas, sociais e ambientais, ou até mesmo cotidianas.

IV) Trabalho escrito – nesta etapa o professor solicita que os alunos escrevam ou desenhem (em caso de haver crianças que ainda não saibam escrever) o que compreenderam da atividade, utilizando o conhecimento apreendido.

Carvalho (2013) explica que na maioria das vezes, a sequência de ensino inicia-se por um problema experimental ou teórico que serve para introduzir o aluno no tema em estudo, oferecendo condições para que trabalhem com variáveis relevantes do fenômeno científico central abordado no tema. No entanto, pode haver momentos da SEI em que atividades de outros gêneros aparecem, tais como: leitura individual ou coletiva de textos e sua discussão, análises de gráficos e tabelas, jogos, construção de cartazes para ajudar a sistematizar e contextualizar o conhecimento, entre outros. Isso ocorre porque a SEI é considerada como um ciclo em que distintas atividades são exploradas de modo a dar conta da complexidade do conteúdo ou tema abordado em sala de aula (CARVALHO; SASSERON, 2012).

Em meio a essa diversidade de atividades que devem compor uma SEI, tomaremos como foco de estudo apenas aquelas que tenham como ponto de partida um determinado problema didático, seja ele experimental ou teórico. Justificamos esse recorte de análise pelo fato de que, nesta tese, buscamos investigar a significação de problemas em aulas investigativas e, por isso, nossa atenção, neste momento, recai apenas a esses tipos de atividades, as quais chamaremos de *atividades-problemas* para se diferenciarem daquelas *atividades-complementares* que não são iniciadas com um PD no contexto da SEI, a exemplo de atividades iniciadas com leitura e discussão de um texto.

Quando analisamos o PD no contexto da implementação de uma determinada *atividade-problema*, este passa a exercer uma função diferente daquela discutida no item anterior sobre a estruturação da SEI. Neste caso, o PD assume o papel de objeto de conhecimento, porque durante o processo investigativo ele se torna alvo a ser desvelado pelos estudantes, isto é, o problema é assumido pelo professor e pelos alunos como elemento a ser enfrentado. Nas palavras de Sasseron (2013, p. 50) “a proposição de um problema atua como um gatilho para a investigação”, e por isso, compreendemos que é por meio da busca pela resolução do problema como objeto de conhecimento que a investigação acontece.

Enquanto que na estruturação da SEI o PD é utilizado como *artifício didático-pedagógico* para auxiliar os alunos na construção de entendimentos sobre conceitos científicos, na implementação da SEI, o PD passa a ser o próprio objeto da atividade. Deste modo, na implementação da sequência de ensino, os conteúdos científicos deixam de ser unicamente os objetos de conhecimentos da atividade, pois o PD também passa a assumir tal função. O problema agora integra-se aos conceitos científicos formando um só objeto, uma vez que o mesmo carrega consigo os conceitos que orientaram a sua elaboração, bem como os procedimentos necessários para sua solução e o conhecimento epistêmico por trás dele. Evidentemente, isso difere da posição que o problema ocupa na estruturação do ensino, conforme podemos ver na Figura 5.

Figura 5: Função do Problema Didático na implementação da SEI

Essa discussão parece se aproximar parcialmente da noção de problema como *mediador de primeira ordem* de Vygotsky, conforme as ideias apresentadas por Gehlen (2009), pois o mesmo passa a ser fonte de conhecimento dos alunos nas *atividades-problemas*, sendo que à medida que os estudantes enfrentam o PD, constroem entendimentos sobre os conhecimentos científicos, bem como desenvolvem noções sobre procedimentos e ações epistêmicas necessárias para compreendê-lo e superá-lo. Contudo, é importante salientar que o problema ainda continua não sendo utilizado como estruturador curricular e nem apresenta similaridade com a perspectiva de humanização em Vygotsky.

Uma vez que o PD passa a ser objeto de estudo nas *atividades-problemas*, cabe-nos questionar quem ou o que fará a mediação entre ele e o sujeito. Com base nos pressupostos vygotksyanos, vimos que a mediação ocorre a partir do uso de instrumentos psicológicos que orientam as ações dos indivíduos. Esses instrumentos podem ser representados por meio de diferentes linguagens (verbal, escrita, pictórica) ou de variados conhecimentos apreendidos

pelos sujeitos ao longo da sua vida. Tais conhecimentos, originados das relações interpessoais, são geralmente utilizados pelos indivíduos para significar novos conhecimentos, construindo assim novos sentidos e novos significados. Segundo Vygotsky (2007), esse é o princípio geral que explica os processos de significação humana, a qual ocorre primeiramente nas relações interpessoais e depois passa a constituir as relações intrapessoais. Nesse movimento do inter para o intra, os sentidos e significados são reelaborados constantemente pelo aluno nas suas relações com seus pares e, principalmente com o professor.

Durante o processo investigativo proposto na SEI, geralmente os conhecimentos mobilizados pelos estudantes para enfrentar e solucionar o PD são manifestados pela linguagem, ou melhor, pelas interações verbais que ocorrem entre professor-aluno e aluno-aluno (SASSERON, 2013; MACHADO, 2012; FERRAZ, 2015). Ao enfrentar o PD, diferentes hipóteses são manifestadas pelos aprendizes e geralmente colocadas em teste pelos seus pares ou pelo professor favorecendo assim a construção dos problemas em sala de aula (CAPECCHI, 2013; RABONI, 2013). Com base nisso, podemos formular a ideia de que o elemento mediador X presente na Figura 5 pode ser representado pelos novos problemas que surgem das interações em sala de aula, os quais ganham vida na forma de questionamentos advindos dos estudantes e do professor. Detalhes sobre essa discussão serão aprofundados no item a seguir.

No âmbito do desenvolvimento da SEI, as setas presentes na Figura 5 que indicam relações entre sujeito e elemento mediador X, bem como elemento mediador X e o PD (objeto) são contínuas, revelando uma forte articulação entre eles. Neste caso, o elemento mediador X, representado pelos novos problemas, mantém agora relações próximas dos alunos, porque estes são problemas construídos por eles na trama das interações em sala de aula, e, além disso, também se articulam ao próprio objeto de conhecimento - o PD, porque emergem do seu enfrentamento. Deste modo, ao implementarmos as *atividades-problemas* presentes nas Sequências de Ensino Investigativas (SEI), os problemas didáticos passam a ser objetos de conhecimentos e os novos problemas que surgem das interações dialógicas estabelecidas entre os sujeitos, no percurso da investigação, funcionam como mediadores de segunda ordem, os quais medeiam as relações entre os sujeitos (professor e alunos) e o objeto de conhecimento, que agora passa a ser o próprio problema didático.

3.5 Surgimento de Novos Problemas e suas relações com a Significação do PD

Em um estudo recente, Capecchi (2013) mostrou que em aulas investigativas os problemas são construídos discursivamente ao longo da atividade e, por isso, não devem ser

reduzidos apenas à sua formulação inicial. A autora explica que “muitas vezes, um enunciado que se configura, do ponto de vista do professor, como situação-problema a ser investigada, não é compreendido como tal do ponto de vista dos estudantes” (p. 24-25), isso porque a relação que inicialmente os alunos estabelecem com o problema apresentado está vinculada, em grande parte, ao senso comum ou a interpretações corriqueiras presentes no dia a dia, dificultando compreendê-lo sob o ponto de vista científico.

Entendemos que ensinar ciências em sala de aula requer ensinar uma nova forma de ver e interagir com o mundo, diferentemente daquela construída pelas experiências cotidianas (CARVALHO, 2011a; CAPECCHI, 2004; 2013; SASSERON, 2008). Deste modo, a introdução dos estudantes no universo científico se dá por meio das interações discursivas entre aluno e professor, cujo papel deste último, enquanto representante dessa cultura, é trazer novas questões científicas para serem investigadas junto ao problema inicialmente colocado na atividade, daí a ideia de que os problemas devem ser construídos em aulas investigativas, para que os aprendizes, à medida que os enfrentam, atribuam novos sentidos e significados diferentes dos conhecimentos cotidianos (CAPECCHI, 2013).

Essa discussão sobre a construção de novos problemas em aulas investigativas encontra respaldo no epistemólogo Bachelard³¹, o qual afirmou que os problemas não se apresentam por si mesmos, eles são construídos no percurso da investigação (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002; CAPECCHI, 2013). Deste modo, a significação do problema didático na abordagem investigativa está atrelada à formulação de novos problemas, ou melhor, às problematizações que não são dadas a priori, mas construídas ao longo da aula de modo a ampliar o pensamento dos estudantes (CAPECCHI, 2013).

Nesse sentido, ao propor o PD, é preciso que o professor crie um ambiente investigativo problematizador, capaz de direcionar o olhar ingênuo do aluno sobre o objeto de estudo para um olhar analítico, metódico e rigoroso que se aproxime da cultura científica (CAPECCHI, 2013). É no âmbito da problematização³², isto é, de um processo de aproximações sucessivas a um determinado fenômeno envolvido no próprio problema didático, que a construção do mesmo acontece em sala de aula. Para Capecchi (2013) “[...] a problematização aparece como um processo de transformação, de construção de um novo olhar sobre aquilo que, aparentemente, já nos é familiar, e não como o acesso a algo que já vem pronto” (p. 25).

³¹ Bachelard (1996).

³² Chama-se atenção ao caráter polissêmico do termo problematização (GEHLEN, 2009). Embora Capecchi (2013) utilize Paulo Freire para nortear o seu interessante estudo, o termo problematização, o qual a autora está se referindo, não contempla toda dimensão epistemológica e pedagógica defendida pelo autor. Nesse sentido, utilizaremos o termo no sentido expresso pela autora e não no sentido freireano. Para maiores detalhes sobre o conceito de problematização na perspectiva freireana, consultar Delizoicov (2005) e Gehlen (2009).

Problematizar, portanto, é papel do professor, uma vez que é dele a função de desenvolver nos estudantes a compreensão do problema proposto e apresentar ferramentas para ajudar na investigação, inserindo-o em um novo mundo. Tal processo de construção de significados acerca do PD é sinalizado pela autora no excerto abaixo:

Não basta que ao professor apresentar um enunciado bem elaborado. É preciso que a situação-problema seja entendida como tal pelo estudante. Para que isso seja possível, deve-se percorrer todo um processo de construção de significados, desde a apresentação de um problema inicial, que seja motivador, até a identificação de questões científicas envolvidas em sua solução e a identificação de ferramentas necessárias para investigá-las. Esse processo, como discutido anteriormente, envolve não somente a aplicação de ferramentas prontas, mas a inserção dos estudantes em um universo novo, o que depende muito das intervenções do professor (CAPECCHI, 2013, p. 25-26, grifos nossos)

Essa ideia de que os problemas são construídos em aulas investigativas também é defendida no estudo de Raboni (2013) ao analisar, dentro outros aspectos, quais os indícios de um genuíno pensamento científico desenvolvido em crianças. O autor afirma que:

No ensino que leva à construção de novas formas de pensar, é necessário ir além daquilo que é dado, e dos métodos já consagrados de se chegar a soluções de meros exercícios. Buscar evidenciar as contradições de uma situação para chegar ao problema. O problema deve ser construído, pois não é um dado imediato. A realidade imediata não apresenta problemas, e tudo parece ser como deve ser. A construção do problema é um trabalho intelectual, da reflexão e da abstração, partindo do concreto imediato para chegar ao verdadeiro concreto, mediado (RABONI, 2013, p. 5, grifos nossos).

Com base nesse entendimento, grande destaque tem sido dado ao problema como promotor de interações e como indutor do processo de construção de sentidos (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015). Compreendemos que a construção de novos problemas em atividades investigativas pode emergir tanto da necessidade de ensinar do professor, por meio de novas questões que nem sempre são conhecidas ou planejadas por ele a priori, mas formuladas a partir de um viés científico que leve os alunos a atribuírem novos sentidos ao problema didático. Assim como podem ser construídos a partir da necessidade de aprender dos alunos, os quais no processo de enfrentamento do PD formulam ideias a partir dos seus conhecimentos, vivências, valores, práticas, que nem sempre estão próximas da lógica científica de resolução do PD, refletindo limitações quanto ao entendimento científico do mesmo. Desse modo, podemos dizer que os novos problemas emergem dessa relação dialética entre os sentidos atribuídos pelos alunos e os sentidos atribuídos pelo professor, cujo núcleo central é a contradição presente nas formas diferenciadas de olhar o problema. Esses novos

problemas ou a construção de problematizações têm como gênese as contradições, porque ao mesmo tempo em que os sentidos dos alunos podem se distanciar inicialmente dos sentidos do professor, estes são fundamentais para dar movimento ao processo de significação do PD, isto é, sem o surgimento de contradições e a superação das mesmas, o processo de significação do problema didático pode não ser desenvolvido.

De acordo com Raboni (2013, p. 5), é necessário “buscar evidenciar as contradições de uma situação para chegar ao problema” e, diante desse pressuposto, entendemos que todo esforço pedagógico é necessário para que os sentidos dos alunos atribuídos ao PD coincidam com os sentidos atribuídos pelo professor, para que juntos, consigam significá-lo no âmbito da cultura científica. Em outras palavras, devido ao fato de o professor ser o representante da cultura científica e ter o papel fundamental de direcionar o olhar do aluno para a verdadeira compreensão do objeto por meio de um trabalho intelectual de reflexão e abstração, faz-se necessário buscar evidenciar ou explicitar as contradições de pensamento dos alunos, por meio de novos questionamentos ou problematizações, para que eles enfrentem o problema didático com base no olhar e rigor científico (CAPECCHI, 2013; RABONI, 2013). Contudo, para que isso ocorra, é importante que o professor crie condições favoráveis em sala de aula, em que os conhecimentos cotidianos dos alunos sejam discutidos, a fim de suscitar o aparecimento dessas contradições, as quais podem ser explicitadas por meio de perguntas que os levem a novas formas de interpretar o problema didático. Isso significa que o processo investigativo deve instigá-los a aprofundar cada vez o seu olhar científico sobre a realidade, dando condições para que esse novo olhar seja construído em parceria com o professor (CAPECCHI, 2013). Entendemos aqui que a superação de contradições em sala de aula não deve ter como objetivo a substituição das concepções prévias dos estudantes (presentes na cultura cotidiana) pelas concepções científicas (presentes na cultura científica), mas deve possibilitar a análise consciente das relações entre essas duas culturas (MACHADO; MORTIMER, 2005).

É importante ressaltar ainda que a construção de novos problemas no desenvolvimento de atividades investigativas não se iguala à estruturação de um problema didático, formalmente elaborado previamente pelo professor para motivar os alunos a desenvolverem a conceituação científica. Os novos problemas emergem na trama das relações interpessoais estabelecidas entre professor-aluno e aluno-aluno, das quais tem como núcleo a contradição entre os diferentes sentidos atribuídos por eles. Mostraremos com mais detalhe no capítulo 5 como evidenciamos esses novos problemas no âmbito de uma atividade investigativa.

É sobre essa base de discussão que fundamentaremos a nossa formulação teórica de que novos problemas surgem no contexto de *atividades-problemas* presentes nas SEI para cumprir

a função de mediadores das relações entre sujeito e o PD, conforme síntese apresentada na Figura 6 a seguir.

Figura 6: Novos Problemas como elementos mediadores de segunda ordem no processo de significação do PD.

Tomando como parâmetro o processo de significação na perspectiva vygotskyana, partimos do pressuposto de que esses novos problemas podem tornar-se potenciais problemas significadores, cuja finalidade seja a de significar qualitativamente os problemas didáticos presentes em atividades investigativas. Em outras palavras, compreendemos que é por meio da criação de novos problemas ou de problematizações, no sentido apresentado por Capecchi (2013), que há possibilidade dos estudantes assumirem para si o problema didático em estudo, construindo assim novos sentidos e significados no âmbito da cultura científica. Este argumento respalda-se em alguns indícios de que esses novos problemas parecem surgir em meio a um conjunto de elementos significadores (apresentados anteriormente com base nas ideias de Vygotsky), os quais podem ser evidenciados em resultados de pesquisas que envolvem atividades investigativas, as quais serão discutidas a seguir.

3.5.1 Indícios de Elementos Significadores no Ensino por Investigação

No capítulo 2 apresentamos alguns elementos significadores (necessidade, contradição, colaboração e imaginação), com base na perspectiva vygotskyana, que podem ajudar a potencializar o processo de significação de problemas em aulas de ciências, especialmente em abordagens de ensino que utilizam *problemas mediadores de segunda ordem* para auxiliar no desenvolvimento da conceituação científica dos estudantes e que buscam promover a alfabetização científica dos estudantes. Trabalhos pautados na abordagem investigativa que buscam analisar os processos de ensino e aprendizagem têm revelado

interessantes resultados que demonstram a presença de indícios desses elementos e a sua relevância para a aprendizagem científica dos estudantes. Para cada elemento significador, apresentaremos alguns desses estudos.

3.5.1.1 Necessidade

Pesquisas sobre o ensino por investigação têm apontado a criação de necessidades como um elemento importante para que os alunos assumam o problema para si, a exemplo de Capecchi e Carvalho (2006) e Barbosa-Lima e Carvalho (2002). O estudo de Capecchi e Carvalho (2006) mostrou que em uma aula investigativa experimental com alunos do primeiro ano do ensino médio, cujo tema de discussão tratava de Calor e Temperatura, os estudantes não compreenderem logo de imediato o problema proposto pela professora. As autoras apontaram que a solução encaminhada pela professora para resolver esse dilema pedagógico foi a criação de *necessidades* nos estudantes, a partir de questionamentos, pistas e reformulação do problema inicial, conforme relatam no excerto a seguir:

A princípio, o problema apresentado por P [professor] no turno 1b parece não ser reconhecido como tal pelos alunos. A resposta para essa questão é muito simples, do ponto de vista destes. É necessário transformar o que é um fato aceito no senso comum em algo que mereça ser investigado. Assim, nos demais turnos dessa sequência, a professora procura criar essa necessidade e, para tanto, faz uso de questionamentos, algumas vezes seguidos de pistas, e/ou reformulações do problema inicial (CAPECCHI; CARVALHO, 2006, P. 144, grifos nossos).

O trabalho de Ferraz (2015) sobre análise de ações epistêmicas do professor que podem favorecer a argumentação em aulas investigativas, também sinaliza a importância de os alunos compreenderem o problema de forma adequada, pois isso facilita que os mesmos sintam a *necessidade* de se apropriarem de novos conhecimentos para resolver o problema. Além disso, o autor destaca que uma das etapas principais da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) é a proposição do problema, uma vez que é nesse momento que os alunos devem tomar consciência do que deve ser investigado. Nas palavras do autor:

A proposição do problema é uma das etapas mais importantes em um SEI. É nesse momento que é possibilitado aos estudantes compreenderem o que deve ser investigado. Além disso, é o entendimento adequado do problema que vai direcionar o trabalho a ser desenvolvido e fazer com que os alunos sintam a necessidade de se apropriar de saberes que ainda não possuem (FERRAZ, 2015, p. 30, grifos nossos).

Vemos, portanto, que a necessidade é reconhecida como um elemento relevante não só para levar os alunos à compreensão do problema, conforme apontou Capecchi e Carvalho (2006), mas também para mobilizar os estudantes a buscarem novos saberes (FERRAZ, 2015). Nessa mesma direção, o trabalho de Souza (2015) sugere que a *necessidade* dos alunos ao buscarem resolver um problema foi um dos indicativos de que a turma estava engajada na atividade investigativa. Para este autor, o engajamento pode ser do tipo produtivo (quando o aluno sente necessidade de aprender, porque quer conhecer algo) ou do tipo disciplinar (quando o aluno sente necessidade de aprender, porque sabe que o professor espera tal comportamento). Sendo assim, a necessidade aparece associada ao engajamento dos alunos durante a busca da solução do problema.

Com base nesses estudos percebemos que a atividade investigativa não se restringe apenas aos processos cognoscitivos de pensar, analisar, teorizar, memorizar, ou resolver o problema, mas estende-se à esfera das necessidades dos sujeitos envolvidos. Conforme discutimos no capítulo 2, numa perspectiva vygotskyana, são as necessidades que dirigem e regulam a atividade concreta do indivíduo, quando a mesma se encontra no objeto, isto é, quando ela se objetiva no problema a ser enfrentado e solucionado. É nesse encontro entre necessidade e problema (objeto), que este último se torna o motivo da atividade, o que estimula o sujeito a agir.

No estudo sobre o desenvolvimento profissional de professoras ao trabalharem com a abordagem didática do ensino por investigação, Azevedo (2013) explica que elaborar um determinado problema requer consciência sobre a *necessidade* cognitiva dos alunos de investiga-lo, isto é, de buscar respostas desconhecidas para entendê-lo. É isso, que a autora, ao citar Saviani (1996), compreende por problema, ou seja, é quando o sujeito desconhece a resposta de uma questão e sente *necessidade* cognitiva de conhecer.

Assim, podemos presumir que quando os alunos reconhecem o PD como objeto de conhecimento, no contexto do desenvolvimento das atividades investigativas, inicia-se aí o primeiro momento de significação do PD, principalmente porque os alunos passam a sentir necessidades cognitivas de solucioná-lo, podendo resgatar, neste momento inicial de investigação, suas experiências e vivências que consideram relevantes para análise do mesmo.

3.5.1.2 Contradição

Um dos indícios sobre a ideia de contradição presente na abordagem investigativa pode ser encontrado no estudo de Carvalho *et al.* (1998), quando destacam o papel do erro e das contradições na construção do conhecimento. Os autores consideram o erro como uma situação

de aprendizagem, porque possibilita que o professor compreenda o pensamento do aluno e dê condições ou novos conhecimentos para que os erros sejam superados. O erro, portanto, quando corrigido no processo de resolução do problema é considerado muito mais instrutivo para o aluno do que a solução imediata do problema (CARVALHO *et al.*, 1998). Carvalho *et al.*, (1998) ainda explicam que durante a resolução de problemas, o erro pode estar vinculado à dois planos: à ação do sujeito, ou seja, um erro de procedimento ou estratégia e à compreensão do problema. Quanto a este último, os autores destacam que o erro corresponde a uma contradição ou conflito de ideias sobre um determinado fenômeno. Eles salientam que:

Erro nesse plano corresponde, então, às lacunas em que aquilo que a criança diz não se articula com o que faz, ou em que aquilo que diz em uma situação não se coordena com o que diz na situação seguinte. Os alunos necessitam da ajuda do professor para preencher as lacunas, para mostrar as contradições e leva-los a tomar consciência da não-coordenação entre as diversas situações (CARVALHO, *et al.*, 1998, p. 33).

Outro estudo que tem apontado a contradição como elemento importante na abordagem investigativa é o de Raboni (2013). Com base no estudo de Ylyenkov, o autor enfatiza a necessidade de buscar evidenciar as contradições de uma situação para se chegar ao problema, e estas, devem ser percebidas e superadas a partir dos conhecimentos das ciências naturais e humanas. Raboni (2013) ainda acrescenta que as linguagens oferecem formas aprimoradas para explicitar e dar visibilidades às contradições e ao mesmo tempo oferece instrumentos para superá-las.

Silva (2008) também evidenciou contradições nos discursos de alunos do 2º ano do ensino médio ao realizar uma atividade investigativa sobre Calor e Temperatura. Segundo a autora, uma professora de química, ao utilizar de estratégias enunciativas, tomou a contradição entre as previsões dos estudantes e os resultados dos cálculos obtidos durante a experimentação para construir um novo problema na atividade, a fim de possibilitá-los tomarem consciência das relações entre os conceitos e fórmulas, conforme expressa a seguir: “ter consciência de que a energia não pode ser destruída, por um lado, e, por outro, verificar que a quantidade de calor cedido e recebido não se equivalem, torna-se um problema da atividade investigativa” (SILVA, 2008, p. 265).

Com base nessas discussões, entendemos que as características das contradições presentes na abordagem investigativa estão determinadas pela natureza do problema didático, o qual já apresentamos nas seções anteriores, definindo-o como problema conceitual, vinculado a temas ou tópicos de ciências. Em outras palavras, podemos dizer que as contradições nessa abordagem didática são conceituais, tendo em vista a natureza conceitual dos problemas

didáticos. A contradição conceitual em atividades investigativas pode ocorrer tanto no nível de domínio/aplicabilidade e uso “equivocado” dos conceitos científicos, por exemplo: os alunos podem compreender e usar de forma espontânea os conceitos de peso e massa ou de calor e temperatura. Ou pode ocorrer no nível dos sentidos/contextos diferenciados de entendimentos, por exemplo: busca-se resolver um problema conceitual empregando-o em um contexto imaginário, cotidiano, diferentemente da forma, do contexto real e objetivo que ele se apresenta. Essa discussão será melhor entendida no decorrer da análise da significação do problema, presente no capítulo 5.

No capítulo 2, vimos que as contradições para Vygotsky parecem apresentar uma dimensão social, devido à noção de problema vincular-se ao meio circundante do sujeito na perspectiva da humanização. No entanto, ao estudar a formação de conceitos, Vygotsky e Luria (1996) também sinalizaram em seus trabalhos o problema das contradições conceituais não percebidas pelas crianças pequenas. Ao tomar como exemplo os experimentos de Piaget realizado com crianças, Vygotsky e Luria (1996) observaram a facilidade que as crianças têm ao fazer inferências com base em casos particulares e sem se dar conta das relações causais entre elas. Ou seja, um só detalhe e uma única observação podem ser suficientes para fazê-las criarem uma inferência correspondente (ainda que esteja inadequada). Isso ocorre porque o pensamento das crianças se baseia em suposições presentes no cotidiano, tendo em vista que elas ainda não se apropriaram das leis da lógica que alicerçam o pensamento científico. “A criança pode afirmar que os barcos flutuam porque são leves, enquanto os navios flutuam porque são pesados, e, ao fazê-lo, a criança não perceberá contradição alguma” (VYGOTSKY; LURIA, 1996, p. 174). Para Vygotsky e Luria (1996), a causa de que as crianças não percebem a contradição está no fato delas desconhecerem o sistema de relações entre os conceitos, ou seja, a lógica que sustenta o pensamento científico, e por isso, muitas vezes empregam conceitos sem conhecimento consciente deles. Vejamos a explicação de Vygotsky (2009a):

[...] porque ser sensível à contradição, ser capaz não de seriar mas de sintetizar logicamente os juízos e dispor de possibilidades para dedução só é possível em um determinado sistema de relações de identidade entre os conceitos. Na ausência de tal sistema, todos esses conceitos devem surgir como um disparo depois que se aperta o gatilho de uma arma carregada (VYGOTSKY, 2009a, p. 293, grifos nossos).

Percebe-se, portanto, que a colaboração do professor no processo de reconhecimento da contradição pela criança é crucial para que haja saltos qualitativos no seu desenvolvimento cognitivo. Sem a colaboração, as crianças, sozinhas, não conseguem superar seus limites e conflitos, pois isso implica análises conscientes das contradições realizados pelo sujeito com

ajuda do professor (CARVALHO, *et al.*, 1998; AGUIAR.; MORTIMER, 2005; MACHADO; MORTIMER, 2005).

3.5.1.3 Colaboração

Pesquisas sobre o ensino por investigação também têm enfatizado a importância da colaboração entre alunos e entre alunos e professor durante o processo de ensino e aprendizagem (CARVALHO *et al.*, 1998; CARVALHO, 2011a; 2013; FERRAZ, 2015; SOUZA, 2015).

Carvalho (2013) destaca a relevância de promover trabalhos em grupo entre alunos, porque é mais propício que sintam afetivamente mais à vontade ao participar da tarefa colocada pelo professor. De acordo com a autora, “o trabalho em grupo sobe de *status* no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade” (p. 5, grifos da autora). Deste modo, não basta simplesmente colocar os alunos em grupo e deixá-los interagirem espontaneamente. É necessário que o professor planeje e oriente cada atividade em grupo, visando a qualidade da interação entre eles, a partir da colocação de um problema instigante que os levem a sentirem necessidade de resolvê-lo por meio da colaboração cognitiva e atitudinal criada no grupo (CARVALHO *et al.*, 1998).

Outros trabalhos têm apontado também a importância da colaboração entre alunos e professor, seja no desenvolvimento da argumentação (FERRAZ, 2015) seja para potencializar o engajamento disciplinar produtivo em sala de aula (SOUZA, 2015).

A pesquisa apresentada por Ferraz (2015) buscou investigar quais ações tomadas por um professor são potenciais para promover a argumentação dos estudantes em aulas investigativas. Seu interesse estava centrado especialmente naquelas ações ligadas tanto à argumentação quanto à epistemologia do trabalho científico, como por exemplo: retomar informações, dados e conceitos, propor um problema, explorar pontos de vistas, qualificar variáveis, sintetizar informações e explicações, entre outras. Para organizar essas diferentes ações, foram criadas 5 categorias, denominadas de propósitos epistêmicos, quais sejam: retomar, problematizar, explorar, qualificar e sintetizar. No contexto deste trabalho, Ferraz (2015) mostrou que a colaboração entre aluno e aluno-professor favorecia o desenvolvimento da argumentação e afirmou que:

[...] argumentar se torna uma forma de aprendizado colaborativo, uma vez que a busca por compreensões sofisticadas sobre a ciência e a construção de seus próprios entendimentos ocorre pela ampliação de uma rede conceitual que ganha consistência conforme, durante a dinâmica proporcionada pelas interações, são incorporadas (ou refutadas) ideias, evidências e justificativas

pela contribuição dos demais colegas e, principalmente, pelo professor que conduz e gerencia o processo de aprendizagem (FERRAZ, 2015, p. 47, grifos nossos).

O autor compreende que o fato da abordagem investigativa se iniciar com um problema favorece o trabalho colaborativo, pois em coletividade, os sujeitos formulam múltiplas explicações, fazem inferências, analisam dados para resolver o problema em questão. Aliado a isso, Ferraz (2015) explica que o professor busca nessa abordagem didática favorecer o surgimento de um ambiente interativo, denominado pelo autor de *espaço interativo de argumentação colaborativa*, onde o compartilhamento de ideias e negociação de significados são promovidas. Nas palavras do autor, esse espaço interativo de argumentação colaborativa é um “ambiente onde a argumentação progride conforme o professor medeia interações de diferentes níveis entre seus alunos e dados teóricos e empíricos que se têm disponíveis, tornando a construção de argumentos algo colaborativo” (p.43).

No excerto abaixo podemos compreender melhor a ideia de colaboração que perpassa o estudo de Ferraz (2015):

Compreendemos que colaboração é resultante de qualquer interação em que há troca de pensamentos, ideias, pontos de vistas, informações, etc., entre diferentes indivíduos que tenha um propósito comum. Ou seja, colaborar está diretamente relacionado ao compartilhamento de compreensões entre diferentes sujeitos com o intuito de construir entendimento sobre determinada situação, fenômenos, objeto ou conceito (FERRAZ, 2015, p. 44, grifo do autor).

Esse entendimento de colaboração parece apresentar consonância com a perspectiva vygotskyana, principalmente quando resgatamos a ideia de ZDP. No capítulo 2, discutimos que a partir da ajuda do outro, de atividades coletivas que incidem na ZDP, potencializam a apropriação de novos significados pelos sujeitos. Assim, podemos afirmar que a colaboração como forma de interação e ajuda na construção de entendimentos científicos só faz sentido quando há incidência na ZDP³³ do sujeito. Por compreendemos que a ZDP é uma ação pedagógica colaborativa (GOES, 2001), percebemos que no ensino por investigação essa colaboração que orienta o processo de ensino e aprendizagem e mobiliza os alunos a se engajarem na atividade é mediada pela problematização, no sentido do termo apresentado por Capecchi (2013), uma vez que o problema é o elemento central da investigação. Sobre isso, Souza (2015) defendeu que a necessidade de resolver e compreender um problema é um dos

³³ Numa perspectiva freireana, Gehlen (2009) defendeu que a ZDP é uma ação pedagógica colaborativa que medeia, a partir da problematização, os níveis de desenvolvimento real e proximal dos estudantes.

indícios fundamentais que pode levar uma turma ao engajamento, sinalizando relações com a ZDP dos estudantes.

Carvalho (2011a; 2013) explica que a ação pedagógica colaborativa do professor envolve não somente a sistematização do conhecimento do aluno, mas também a proposição de questões problematizadoras e outras perguntas que ajudam a desenvolver o raciocínio científico e a construírem significados. Ao analisar especificamente os tipos de perguntas feitas pelo professor em aulas investigativas e suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem, Machado (2012) e Machado e Sasseron (2012) identificaram algumas delas e as classificaram em quatro tipos, quais sejam: perguntas de problematização, perguntas sobre dados, perguntas exploratórias sobre o processo e perguntas de sistematização. Entre os resultados propostos pelos autores, destaca-se que essas perguntas além de exercerem um papel fundamental no desenvolvimento de aspectos da AC, colaboram para a criação de um ambiente mais dialógico e interativo que permite a construção de significados em aulas de Física.

A relevância da colaboração também é demarcada no estudo de Souza (2015) ao buscar analisar como os alunos se engajam disciplinar e produtivamente em aulas investigativas. Uma ferramenta analítica denominada de Indicadores de EDP (Engajamento Disciplinar Produtivo) foi desenvolvida pelo autor (adaptada do estudo de Engle & Conant³⁴, 2012) e organizada basicamente em três momentos para avaliar o envolvimento dos alunos na atividade investigativa: o primeiro momento refere-se ao engajamento (E), o qual compreende o engajamento inicial da turma quando é apresentado um problema, pode envolver discussão sobre o tema, trabalho colaborativo e presença de aspectos emocionais. O segundo momento refere-se ao engajamento disciplinar (ED), o qual envolve discussões de ideias sobre o plano de trabalho, colaboração entre os alunos para concretizar ações e análise de ideias, bem como indicativos de elementos emocionais referentes ao problema em estudo. E o terceiro e último momento refere-se ao engajamento disciplinar produtivo (EDP), o qual envolve aprimoramento de ideias e construção de relações explicativas, trabalho colaborativo na construção de explicações e reconhecimento de limites, presença de evidências do uso de ideias em outros contextos e apropriação do conhecimento. Segundo Souza (2015), indicativos de E e ED ocorrem quando os alunos tomam consciência da tarefa a ser realizada, se envolvem com os colegas, professor e com o problema sendo que no EDP essas ações se intensificam e apresentam características mais próximas do “fazer científico”. Desta forma, fica claro nesse

³⁴ ENGLE, R. A; CONANT, F. R (2002). Guiding Principle for Fostering Productive Disciplinary Engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, v. 20, p. 399-484, 2002.

estudo de Souza (2015) que a colaboração aparece como um dos indicativos mais importantes para desenvolver nos alunos o engajamento disciplinar produtivo na abordagem investigativa. Retomando as palavras de Ferraz (2015, p. 45) “o trabalho colaborativo possui um potencial positivo à forma de os estudantes pensarem, agirem, interagirem e resolverem problemas”.

3.5.1.4 Imaginação

Uma pesquisa realizada com crianças de 8 anos do ensino fundamental, cujo objetivo era investigar a aprendizagem sobre algumas noções de Física, por meio de atividades que envolviam leituras e interpretação de histórias, revelou a importância dos processos imaginativos criados pelos alunos durante a elaboração de hipóteses (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002). A história apresentada envolvia máquinas simples, como sarilho, tesoura, alavanca, carrinho de mão e para cada uma dessas ferramentas foi criado atividades de raciocínio baseadas no ensino por investigação. Na atividade do sarilho, por exemplo, os alunos foram convidados a resolver um problema, o qual não havia qualquer tipo de ilustração que pudesse orientar as explicações, vejamos:

Quando nós fazemos uma viagem, na volta contamos as novidades a nossos amigos. Imagine então que Gustavo, na volta do sítio de seu Tomé, vai contar a seus amigos sobre o sarilho. Converse com seus colegas do grupo sobre como Gustavo explicaria o que é e como funciona o sarilho (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2002, p. 3, grifos das autoras).

Ao analisar como os alunos imaginaram responder a esse problema, Barbosa-Lima e Carvalho (2002) destacaram que uma das crianças [Mauro] criou uma situação quase real para sustentar seu pensamento, dando vida ao personagem e às suas ações. Fundamentadas no referencial vygotskyano, as autoras explicam que a imaginação se apoia na memória e dispõe de seus dados para criar novas combinações. Com base nisso, as autoras concluíram que “Mauro recordou a história lida, a combinou com a nova situação apresentada através do exercício de raciocínio e então, apoiado em uma nova situação, fruto da sua atividade criadora formulou sua hipótese de resposta” (p. 6)

No trabalho de Souza (2015), sobre análise do engajamento disciplinar produtivo de alunos do ensino médio em aulas de Física, também foi possível observar claramente o quanto que o recurso imaginativo foi frequentemente utilizado para resolver o problema da caixa preta. Essa atividade investigativa foi organizada em pequenos grupos, os quais recebiam uma caixa fechada com um mecanismo interno, que quando acionado, permitia que pequenas hastes na parte externa se movessem em direções opostas. O problema didático, colocado pelo

professor, era que os alunos buscassem explicações possíveis de como funcionaria esta caixa. O objetivo geral da tarefa é levar os alunos a compreender o conceito de modelo para posteriormente ajudá-los a entender o conceito relativo de luz. Embora o autor não tenha dado enfoque especial à análise da imaginação, percebe-se claramente nos diálogos entre alunos o quanto resgataram na sua memória conhecimentos e experiências vivenciadas por eles e as combinaram para criar ou imaginar uma nova situação capaz de explicar e justificar o funcionamento da caixa. Por exemplo, alguns alunos imaginaram o mecanismo de funcionamento da bicicleta e de um relógio de molas para propor uma nova explicação para a caixa-preta. De acordo com Souza (2015), essas relações construídas por eles os ajudaram a sofisticar as ideias, principalmente porque, juntamente com elas, emergiam a necessidade de construírem explicações para apresentar a seus pares e ao professor.

Outros trabalhos como os de Raboni (2011) e Freiberg (2015) que analisaram uma mesma aula investigativa, porém com focos distintos, o primeiro relacionado a investigar indícios de um genuíno pensamento científico em crianças e o segundo relacionado a analisar o papel da professora na negociação de sentidos para a resolução de um problema, apresentaram indícios de processos imaginativos construídos pelos alunos durante a investigação do problema, o qual consistia na seguinte proposição: *“Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos. Eles têm pesos de 60, 65 e 80 quilos. Como devem proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?”* (CARVALHO *et al.*, 2011). De maneira análoga aos trabalhos anteriormente apresentados, as crianças também criavam imagens baseadas em suas experiências cotidianas para elaborar hipóteses que pudessem responder ao problema, tais como: jogar uma corda, colocar o amigo de 80 quilos para emagrecer, ir nadando, entre outros.

Vemos, portanto, que a imaginação é um elemento importante e que contribui na significação dos problemas em aulas investigativas. De acordo com Vygotsky (2009a), o mundo da cultura, diferente do mundo da natureza, é produto da imaginação e da criação. Para ele, a base da criação humana “é essa capacidade de fazer uma construção de elementos, de combinar o velho de novas maneiras” (VYGOTSKY, 2009a, p. 17). Sendo assim, a riqueza da imaginação é fruto tanto da diversidade e acúmulo de experiência vivenciada pela pessoa, quanto das experiências do outro, daí a importância dos processos colaborativos em sala de aula, porque a experiência do estudante pode ser ampliada durante a apropriação da experiência dos seus colegas e do professor. Mas para isso, é necessário construir um ambiente que permita o compartilhamento dessas experiências, pois o meio possui não somente relações

com a imaginação, mas também com a significação que a criança faz das situações produzidas pela dinâmica das suas vivências (PINO, 2010).

3.6 Potenciais Problemas Significadores (PPS) como ferramenta pedagógica e analítica para investigar o processo de significação do PD em atividades investigativas

Diante das discussões tecidas na seção anterior, vimos que os elementos significadores estão presentes de alguma forma no desenvolvimento de atividades investigativas, o que fundamenta a nossa hipótese de que os novos problemas, ao emergirem de tarefas baseadas na investigação, podem tornar-se Potenciais Problemas Significadores (PPS).

Entendemos por Potencial Problema Significador (PPS) esses novos problemas que emergem na trama das relações entre os sujeitos, num processo colaborativo entre professor e alunos, durante o desenvolvimento das atividades investigativas. Eles não devem ser confundidos com a forma que assumem os problemas didáticos criados para compor uma Sequência de Ensino Investigativa - SEI. Estes últimos, possuem uma estrutura pronta, perfeitamente reconhecível em forma de uma tarefa ou situação-problema, se configurando na própria expressão do enunciado, aspecto que os diferenciam dos PPS.

Os PPS têm como mola propulsora as contradições, as quais podem ser manifestadas discursivamente a partir dos sentidos que os sujeitos atribuem ao objeto de conhecimento, neste caso o PD. Ressaltamos que os PPS não se reduzem às contradições, pois são desencadeados a partir das relações qualitativas existentes entre as necessidades-contradições-colaborações-imaginações, para significar os PD.

O termo “potencial” atribuído aos novos problemas sugere a ideia de que eles não têm uma estrutura acabada, pois estão sempre em movimento de construção e reconstrução. Os PPS se mostram, portanto, em eventos dinamicamente em transformação com pessoas participando da atividade com outros.

Discutimos na seção 3.5 de que em aulas investigativas os problemas são construídos discursivamente e por assumirem essa dimensão construtiva em forma de problematizações (CAPECCHI, 2013) ou questionamentos podem ser considerados como problemas em potência para significar o PD. Todavia, essas problematizações, construídas na trama da interação discursiva entre professor e alunos, não se caracterizam como simples perguntas

feitas pelos sujeitos, mas como questões que explicitam/geram conflito para que pensem e reflitam sobre o problema que está sendo enfrentado.

É importante deixar claro que os PPS não têm como objetivo pedagógico apenas levar os alunos à solução do problema, mas antes disso, eles também auxiliam no enfrentamento do PD, contribuindo para que os alunos organizem o raciocínio, ao replanejem ações e operações mentais, tomando consciência destas, em direção à formação de um pensamento científico. É importante salientar que na perspectiva histórico-cultural não basta apenas assegurar que os alunos cheguem à solução do problema, é necessário garantir que nesse processo de enfrentamento e solução do PD o aluno consiga se apropriar dos processos que permitiram chegar a essa solução, o que requer o envolvimento do pensamento científico e a compreensão dos conhecimentos científicos necessários para resolvê-lo (RUBSTOV, 1996).

O movimento de significação do PD, a partir da mediação dos novos problemas, qualificados como PPS, pode ser explicada de modo simples da seguinte forma: durante a etapa de proposição do PD, os alunos podem sentir necessidades cognitivas de enfrentá-lo, imaginando e criando diferentes hipóteses, a partir dos sentidos pessoais atribuídos ao problema didático, sendo que muitas dessas ideias podem ser formuladas fora do contexto da lógica científica esperada pelo professor. Tais ideias, portanto, entram em contradições com os sentidos atribuídos pelo professor. A formulação de novos problemas então emerge da tomada de consciência dessas contradições (seja pelo aluno ou pelo professor) ou da necessidade de explorar novas possibilidades de resolução. Nesse movimento dinâmico e ao mesmo tempo contraditório, os novos problemas tornam-se então Potenciais Problemas Significadores, porque permitem que os alunos construam novos sentidos e significados ao PD, impulsionados pela percepção dessas contradições, bem como pelas necessidades de superação das limitações, propiciando a produção de novas ações colaborativas e criações de novas ideias para a solução. Assim, partimos do pressuposto de que o movimento de significação do PD, isto é, os sentidos e significados trazidos pelos alunos para enfrentar o problema didático são mediados e podem ser ressignificados pelos PPS.

Diante das discussões tecidas até aqui, partimos do pressuposto de que os PPS podem servir como parâmetro para analisar o processo de significação de problemas didáticos em aulas investigativas. Assim, entendemos que servem não só como uma ferramenta pedagógica, cujo papel principal é mediar as relações entre os conhecimentos dos sujeitos (professor-aluno), bem como as relações sujeitos-objeto, mas que também podem servir como ferramenta analítica para avaliar a qualidade dessa significação. Abaixo, segue o Quadro 3, sintetizando a dupla contribuição do PPS no contexto da abordagem investigativa.

FERRAMENTA PEDAGÓGICA	FERRAMENTA ANALÍTICA
Mediador das relações entre sujeitos (professor e alunos) e o problema didático. No contexto das atividades investigativas, os novos problemas, qualificados como PPS, servem para potencializar o processo de significação dos PD, bem como ajudar o professor a direcionar suas ações, visando aproximar os estudantes da lógica presente na cultura científica.	Útil para avaliar a qualidade das significações em sala de aula para significar o PD. Essa qualidade implica analisar o desenvolvimento do pensamento das crianças a partir da superação das suas contradições, dos processos imaginativos para criar novas situações ou ideias, o atendimento às necessidades cognitivas, bem como a qualidade das colaborações.

Quadro 3: Contribuições do PPS

Cabe ressaltar que ao utilizarmos os PPS como ferramenta analítica não basta simplesmente que identifiquemos a presença ou não de PPS no desenvolvimento da aula investigativa, é preciso buscar evidenciar a qualidade das relações entre ele e as necessidades apresentadas pelos alunos; a superação dos seus limites/contradições, o desenvolvimento da imaginação/criatividade, bem como as ações colaborativas. Além disso, tal ferramenta serve também para o professor analisar suas próprias ações colaborativas, ao verificar se os PPS colocados por ele estão contribuindo produtivamente para os estudantes refletirem sobre o problema didático em questão. Deste modo, os PPS podem servir para ajudar o professor a identificar suas limitações de ensino no percurso da investigação.

Portanto, é no percurso da investigação em sala de aula que diferentes PPS podem emergir, em grau maior ou menor de discussão, mas sempre com base nos problemas didáticos - os quais são vistos como núcleo do processo investigativo.

Um ponto importante a mencionar é que à medida que os sujeitos se envolvem com o PD, maior é a possibilidade de surgirem PPS, pois é no movimento interpretativo dado pelos estudantes acerca da situação analisada que eles emergem. Entende-se, portanto, que não dá para analisar o PPS, senão olhando todo o processo investigativo, pois ele só se revela no conjunto das ações, das negociações, das discussões, das dúvidas, conflitos e tensões geradas em torno do problema didático.

Em síntese, entende-se que os problemas didáticos e os potenciais problemas significadores servem como recursos mediadores que possibilitam a relação do sujeito com o objeto de conhecimento. Além disso, eles são importantes para o processo de apropriação desses conhecimentos pelos alunos, uma vez que é em torno deles que a dinâmica de ensino-aprendizagem é intencionalmente orientada. Ao analisar os PPS, faz-se necessário investigar as contradições próprias do problema didático, indicando as principais dicotomias que dele emergem e as formas como elas são superadas na interação entre os sujeitos.

Tais discussões teóricas sobre o processo de significação de problemas em aulas investigativas tecidas até aqui serão complementadas e validadas por dados empíricos, extraídos de uma aula desenvolvida com alunos do 3º do ensino fundamental, que será apresentada no capítulo 5. Mas antes disso, abordaremos os encaminhamentos metodológicos da pesquisa e o contexto em que a mesma foi desenvolvida.

CAPÍTULO 4

ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Neste capítulo discutiremos os direcionamentos metodológicos da pesquisa. O estudo se caracterizou como um estudo de caso realizado numa escola municipal de São Paulo, com alunos do 3º ano do ensino fundamental. Nosso objeto de investigação é analisar o processo de significação do problema didático no contexto de uma atividade investigativa, desenvolvida em aula de ciências. Como procedimento analítico utilizaremos a ferramenta, denominada Potencial Problema Significador (PPS), construída a partir das discussões teórico-empírica presentes nas relações entre a perspectiva vygotskyana e a abordagem didática do ensino por investigação, a qual foi sistematizada no capítulo 3.

4.1 Direcionamentos metodológicos

O interesse pelo estudo de atividades envolvendo resolução de problemas sempre foi algo presente nas pesquisas desenvolvidas pelo LaPEF, desde os anos 1990. Neste período, o grupo objetivava responder questões que envolviam como e por que o aluno aprendia em situações em que trabalhavam ativamente. O uso de episódios de história das ciências e aulas experimentais de laboratório passaram a ser destaques para compreender a construção do conhecimento do aluno em situações de ensino e aprendizagem (CARVALHO, 2011b).

Em decorrência das reflexões trazidas pelos diferentes pesquisadores do LaPEF ao longo do tempo, surgiu a necessidade de um aprofundamento teórico-metodológico sobre o papel das interações discursivas no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo, no desenvolvimento da argumentação (CARVALHO, 2011b). Para compreender os processos que envolvem a linguagem, as interações sociais, as argumentações em aulas de ciências, pesquisadores recorreram às teorias que valorizavam as práticas científicas e os processos de mediação. Deste modo, as pesquisas passaram a privilegiar análises de discursos, ações, sentidos e significados que são produzidos e negociados nas interações entre professor e alunos, passando a compreender a aprendizagem a partir da análise dos processos sociais, especialmente as linguagens utilizadas em sala de aula (ver, por exemplo, CAPECCHI, 2004; SASSERON, 2008; MACHADO, 2012; RABONI, 2013; FREIBERG, 2015; FERRAZ, 2015).

Tal preocupação com este novo foco de pesquisa voltado para o estudo da linguagem no ensino de ciências não deslocou o olhar dos pesquisadores sobre a importância do problema nas atividades investigativas. Dentro da perspectiva histórico-cultural, o problema, na sua dimensão pedagógica, passa a ser compreendido na complexidade das relações interpessoais que ocorrem na sala de aula. É com base nisso que buscamos, nesse estudo, investigar o

processo de significação do problema; e entendemos que as análises das interações discursivas e as práticas sociais podem nos dar indícios de como professor e alunos produzem e negociam sentidos e significados em um processo colaborativo, no qual diferentes perspectivas culturais se encontram e se transformam mutuamente.

Nesse sentido, esta pesquisa encontra-se respaldada em uma abordagem qualitativa, a qual tem sido frequentemente utilizada em estudos educacionais pois, de acordo com Lüdke e André (2013), cada vez mais os pesquisadores têm compreendido o fenômeno da educação como social e histórico, inserido em uma realidade dinâmica e complexa, a qual pode ser mais bem analisada em uma perspectiva integrada, captando o fenômeno no contexto em que ocorre e do qual faz parte. Uma das principais características da pesquisa qualitativa é a ênfase no processo e na visão dos participantes para que se entenda a dinâmica do fenômeno. Além disso, envolve contato do pesquisador com a situação investigada, tendo o ambiente natural como sua fonte direta para coleta de dados (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Nessa abordagem, a pesquisa pode ser entendida como uma prática social, produzida com rigorosidade científica, como explica Molon:

[...] uma atividade humana mediada socialmente, ou seja, como uma prática social, política, ética e estética que visa à criação de um novo conhecimento, produzido e apropriado com inventividade e rigor científico, que implica necessariamente a transformação de algo, quer seja nos sujeitos envolvidos direta e indiretamente, quer seja nos objetos de estudo pesquisados (MOLON, 2008, p. 7).

A pesquisa qualitativa também pode ser considerada como uma interação discursiva, uma vez que em todas as etapas de uma investigação existe a influência das condições sociais de produção das interações, dos posicionamentos em relação ao tema em questão e dos papéis sociais assumidos pelos sujeitos. A natureza da pesquisa como discursiva reflete um impacto no papel do investigador, nos dados e resultados (MARTINS, 2011).

4.1.2 O objeto de investigação

De modo mais específico, o fenômeno que nos interessa nesse estudo é o processo de significação do problema em aulas investigativas de ciências, cujo objeto, é o problema didático investigado pelos alunos em sala de aula. Definimos a sala de aula como nosso contexto de análise, por ser um local onde as relações entre professor e alunos se estabelecem de forma mais intensa; onde os sentidos e significados se inter cruzam e são produzidos e negociados na trama das relações interpessoais; onde o ensino e a aprendizagem se relacionam e onde as necessidades dos sujeitos e suas contradições emergem.

Na amplitude do movimento discursivo e colaborativo que rege a comunicação e as ações dos sujeitos em sala de aula, Azevedo (2013) esclarece que a linguagem, sobretudo a palavra, tem sua origem nas necessidades de comunicação entre os homens de realizar o motivo e o objetivo de uma atividade. Além disso, a linguagem é o meio pelo qual os homens significam o mundo, ao produzir e se apropriar dos significados legitimados na própria conjuntura histórica e cultural.

Essa compreensão da produção de significados como social, histórica e cultural para Vygotsky (2009a) traz mudanças para os métodos da pesquisa, diferentes daqueles utilizados nas ciências naturais. A investigação deve ser realizada de modo a considerar a dimensão histórica dos eventos, não se voltando apenas para o passado, mas examinando as transformações que abrange o presente, o passado e as projeções futuras. Além disso, há necessidade de identificar as relações dinâmico-causais, as quais se referem à ideia de que causa e efeito não são entidades imutáveis, pois ambas podem ser transformadas dinamicamente (GÓES, 2000).

Embora Vygotsky (2009a) proponha uma visão ampla de investigação histórico-cultural, sua contribuição também se estende à importância de considerar os detalhes minuciosos do processo, com uma abordagem que se afasta dos métodos de análise de elementos e associações (GÓES, 2000). Vygotsky (2009a) propõe o seu método composto por análises de unidades, o que significa estudar um fenômeno não o dividindo em partes, mas sim em unidade representativa do todo. Assim, a unidade é parte constituinte e a menor parte que guarda as propriedades inerentes ao todo; a unidade é a célula do todo. Sobre esse aspecto, o autor explica que:

Deve substituir o método de decomposição em elementos pelo método de análise que desmembra em unidades. Deve encontrar essas propriedades que não se decompõem e se conservam, são inerentes a uma dada totalidade enquanto unidade, e descobrir aquelas unidades em que essas propriedades estão representadas num aspecto contrário para, através dessa análise, tentar resolver as questões que lhe apresentam (VYGOTSKY, 2009a, p. 8).

É importante ressaltar que não pretendemos generalizar comportamentos dos sujeitos quando estão em situações de ensino e aprendizagem. De modo mais específico, para analisar o processo de significação de problemas em sala de aula, pautamo-nos na abordagem de pesquisa qualitativa na perspectiva histórico-cultural, que analisa as ações e os discursos dos sujeitos tendo como pressuposto as relações entre pensamento e linguagem, sentido e significado, atividade humana e mediação. Os resultados da investigação estão para além das descrições dos fatos, pois preocupamo-nos em discutir os processos pelos quais as ideias do

professor e alunos são negociadas e significadas quando estas são mediadas por problemas didáticos.

4.1.3 Estudo de Caso e aproximações com a análise microgenética

Esta pesquisa tem características típicas de um estudo de caso, uma vez que buscamos analisar intensivamente um contexto real específico da sala de aula, em que professora e alunos negociam significados e atribuem sentidos ao problema didático, a partir de práticas investigativas de ciências. Cabe salientar que esse estudo foi organizado em duas etapas: a primeira, de caráter teórico, abrangeu as discussões sobre a dimensão pedagógica do problema em Vygotsky e suas contribuições para a análise do problema no ensino por investigação, com destaque para o papel e função na estruturação e implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEI). E a segunda, de caráter empírico, envolveu a análise do movimento de significação de um problema didático presente em uma SEI, trabalhado com alunos do ensino fundamental.

De acordo com Yin (2010), o estudo de caso pode ser configurado como um tipo de método em que os pesquisadores têm pouco controle sobre os eventos estudados, quando o foco de interesse são os fenômenos atuais que só podem ser examinados no contexto da vida real. Deste modo, o objeto é analisado pelo pesquisador a partir do exame detalhado de um ambiente, sujeito ou uma situação particular, que pode ter características típicas ou não. Nos estudos de casos, há necessidade de captar o fenômeno a partir de múltiplas fontes de evidências, possibilitando que os dados sejam posteriormente triangulados, a fim de garantir uma maior credibilidade no tratamento das informações.

De acordo com Patton³⁵ (2002, apud YIN, 2010) existem algumas maneiras de realizar triangulações em uma pesquisa, que não se resumem apenas àquelas em que os dados são corroborados a partir de fontes diversas de informações, um exemplo disso é a triangulação realizada entre diferentes investigadores. Entendemos que esse tipo de triangulação é feito a partir de resultados de distintos estudos que utilizaram os mesmos dados. As informações a serem analisadas nesta pesquisa, por exemplo, poderão ser trianguladas com os resultados dos estudos de Raboni (2013) e Freiberg (2015), os quais analisaram a mesma aula investigativa implementada pela mesma professora e a mesma turma de alunos dos anos iniciais, sendo que o primeiro procurou investigar o uso da linguagem utilizada pelos estudantes durante a

³⁵ PATTON, M. Q. *Qualitative research and evaluation methods*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

resolução de problemas e o segundo focou nas ações construídas pela professora para negociar sentidos com os mesmos.

Embora Yin (2010) recomende que os estudos de casos sejam triangulados com base em diversas fontes dados, entendemos que esse tipo de triangulação entre diferentes investigadores pode contribuir para análise do nosso estudo. No Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF), da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, este tipo de triangulação e o método de estudo de caso têm sido utilizados frequentemente nas pesquisas, sobretudo naquelas que visam a investigar sequências de ensino e o processo de ensino-aprendizagem, como explica Carvalho (2011b):

[...] nossas pesquisas procuram selecionar casos especiais para serem observados, sequências de ensino para serem investigadas, contextos de aula para serem estudados, enfim procuramos compreender, por meio de estudos de casos, como se dá essa relação, tão importante, que é o ensino e a aprendizagem durante uma aula de Ciências (CARVALHO, 2011b, p. 6).

No que diz respeito à forma de análise desta pesquisa, estabelecemos relações próximas com a abordagem microgenética, cujas características podem ser evidenciadas nos diferentes estudos de Meira (1994); Góes (2000) e Molon (2008).

A abordagem microgenética está fundamentada nos pressupostos de Vygotsky sobre o desenvolvimento humano, a qual inclui uma análise detalhada de um processo que busca entender a gênese social e as transformações que ocorrem em eventos. A visão genética é decorrente da tese fundamental de que os processos humanos têm sua origem nas relações com o outro e a cultura, sendo que essas relações devem ser investigadas no curso das ações dos indivíduos (GÓES, 2000).

Meira (1994) explica que esta abordagem deve associar-se à análise do contexto sociocultural de desenvolvimento, a fim de que seja possível identificar o significado das ações e processos mentais humanos. Esta análise precisa incluir um nível de discussão denominada pelo autor de *microanálise interpretativa*, a qual consiste em “não [...] estabelecer as ‘leis’ que governam a emergência de ações, mas identificar seus significados em relação a atividade e situações específicas” (p.3). Nesse tipo de análise, os detalhes dos eventos focalizam os “aspectos intersubjetivos e dialógicos, recortando o material documentado em poucos ou vários episódios que sejam significativos para o propósito do estudo, buscando traçar o curso de transformações” (GOES, 2000, p. 16). Em outras palavras, Góes (2000) entende que os dados devem ser interpretados de forma minuciosa, orientados para os detalhes das ações, interações e cenários socioculturais, bem como para o estabelecimento de relações entre microeventos e condições macrossociais.

De forma mais específica, Góes explica que:

[...] essa análise não é *micro* porque se refere à curta duração dos eventos, mas sim por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito. É *genética* no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura. É genética, como sociogenética, por buscar relacionar os eventos singulares com outros planos da cultura, das práticas sociais, dos discursos circulantes, das esferas institucionais (GÓES, 2000, p. 15).

A aproximação da análise microgenética com a visão indiciária e dialógica é bastante profícua nos estudos qualitativos de educação (GOES, 2000; MOLON, 2008), pois permite a compreensão histórico-cultural dos processos psicológicos, já que a forma de conhecer é orientada por indícios, minúcias, detalhes, ocorrências residuais (como pistas) sobre os fenômenos de interesse, os quais são investigados buscando compreender a constituição de sujeitos no âmbito dos processos intersubjetivos e das práticas sociais.

Molon (2008) esclarece que o paradigma indiciário ou semiótico foi sistematizado e discutido por Ginzburg³⁶ (1989) no âmbito das ciências humanas, o qual objetiva explicar a importância dos pormenores nos estudos sobre os fenômenos, pois estes eram vistos como vestígios significativos da realidade da qual faziam parte. Deste modo, o indício não é entendido como um conhecimento isolado, mas um processo de interconexões de fenômenos, que manifesta aspectos da singularidade sem perder de vista a compreensão da totalidade.

O paradigma indiciário possibilita conhecer os vestígios, resíduos e fragmentos que se apresentam como importantes documentos psicológicos que permitem (re)conhecer o movimento histórico e cultural de constituição do sujeito e, ao mesmo tempo, as especificidades de constituição do próprio sujeito, isto é, os seus processos de apropriação e de significação que os constitui de modo único e singular (MOLON, 2008, p. 63).

Portanto, ao lado da abordagem microgenética, entende-se que os indícios (como a fala, gestos e outros sinais) que envolvem os processos intersubjetivos e as práticas sociais em sala de aula podem nos ajudar a compreender o nosso objeto de estudo.

4.1.4 A videogravação como instrumento de obtenção/construção dos dados

Estudos têm feito reflexões e recomendações interessantes sobre o uso da videogravação como instrumento para analisar as práticas sociais e pedagógicas cotidianas, compartilhadas

³⁶ GINZBURG, C. Mitos, emblemas e sinais: morfologia e história. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

por meio das interações discursivas (MEIRA, 1994; MOLON, 2008; MARTINS, 2011; CARVALHO, 2011b; GARCEZ; DUARTE; EISENBERG, 2011).

Para Meira (1994), o registro em vídeo de atividades humanas apresenta-se como um instrumento relevante para a investigação microgenética dos processos psicológicos complexos, uma vez que abrange a densidade de ações comunicativas e gestuais oriundas das relações interpessoais. O autor indica algumas estratégias para estruturação da análise de dados videogravados, apontando passos importantes que devem ser levados em consideração pelo pesquisador, tais como: assistir várias vezes ao vídeo, realizando anotações preliminares sobre os eventos relacionados ao problema de pesquisa; produzir um índice de eventos para facilitar o acesso posterior aos dados; iniciar um trabalho interpretativo rigoroso a partir da transcrição dos eventos selecionados, com maior número de detalhes possíveis; divulgar os resultados para o leitor por meio de argumentos e princípios teóricos.

Essas recomendações são fundamentais para nossa pesquisa, pois todo nosso material empírico a ser examinado é oriundo da técnica da videogravação. Assim, a videografia e a análise microgenética combinam-se para formar um modelo de coleta e análise de dados, permitindo uma interpretação consistente dos mecanismos psicológicos inerentes à atividade humana (MEIRA, 1994).

A gravação em áudio e vídeo pode permitir ao pesquisador ter acesso a uma complexidade de situações subjacentes ao processo de ensino-aprendizagem, tais como as interações verbais, os gestos, entonações e outras ações realizadas pelos sujeitos, as quais muitas vezes podem ser perdidas pelo investigador quando recolhidas apenas pelo método da observação. Além disso, essas informações videogravadas podem garantir uma maior fidelidade aos detalhes observados na situação, sendo que o pesquisador poderá visualizar inúmeras vezes uma mesma situação de diferentes modos, acelerando, saltando partes, pausando, congelando as imagens, retrocedendo quantas vezes achar necessário (MOLON, 2008; GARCEZ; DUARTE; EISENBERG, 2011).

Com base nessa perspectiva, Martins (2011) explica que as gravações em áudio e vídeo são instrumentos reveladores de um olhar que possui um determinado propósito e interesse dado pelo investigador. Para a autora, os dados são construídos na interação entre pesquisador e os cenários teóricos e empíricos; assim, estudar a linguagem e os processos de significação na perspectiva histórico-cultural requer entendê-las como dependentes de seus contextos de produção.

Embora o registro das aulas em áudio e vídeo utilizados na nossa pesquisa tenha sido realizado por outra pesquisadora pertencente ao grupo LaPEF, cabe ressaltar que compartilhamos de compreensões comuns com relação à importância da linguagem no

processo de significação e na constituição dos sujeitos. Isso é possível evidenciar no próprio direcionamento dado à câmera, ao focar nas ações do professor e alunos, sobretudo nos aspectos de comunicação entre grupos de alunos e nos gestos e explicações apresentadas por eles. Cabe ressaltar que esses dados foram capturados por duas câmeras diferentes, sendo que uma localizava-se ao fundo da sala de aula, fixada em um tripé, e a outra era manipulada pela pesquisadora, a fim de gravar não só as ações e interações do professor, mas também aquelas que ocorriam nos grupos de alunos. Entendemos que essas considerações são importantes de serem mencionadas, pois, segundo Martins (2011), os registros audiovisuais são produções não neutras, conduzidas por um determinado objetivo do investigador.

Nesse caso, tomando como parâmetro a natureza particular do objetivo de nossa pesquisa, entendemos que esses registros obtidos por outrem podem ser considerados pertinentes do ponto de vista teórico-metodológico para o desenvolvimento das nossas análises, uma vez que o nosso interesse se concentra, conforme já mencionamos, no processo de significação do problema em sala de aula, o qual ocorre por meio das interações discursivas e ações dos sujeitos, aspectos considerados durante a coleta de dados.

Tendo a videogravação como importante fonte de dados, consideramos essencial nos debruçarmos sobre as informações videogravadas, a fim de tentar compreender a essência do nosso objeto de estudo, investigando o fenômeno numa abordagem dinâmica e processual, que procura entender a origem e as causas em movimento, o que não equivale à determinação das causas e efeito. Assim, o mais importante é buscar compreender o fenômeno estudando os seus processos de mudança, uma vez que para Vygotsky, “[...] é somente em movimento que um corpo mostra o que é” (2007, p. 74).

4.1.5 Episódios e transcrições

Carvalho (2011b) explica que a transformação das gravações das aulas em dados a serem utilizados na pesquisa ocorre a partir da seleção dos episódios de ensino. Por episódios, entende-se como “momentos extraídos de uma aula, onde fica evidente uma situação que queremos investigar” (p. 33). Em outras palavras, os episódios são recortes ou fragmentos de aulas significativas para serem investigadas, as quais dependem exclusivamente do problema da pesquisa e do objetivo do pesquisador. No momento da escolha e análise dos episódios, Martins (2011) afirma que os sentidos que os pesquisadores atribuem emergem de diferentes relações que remetem tanto aos aspectos micro que envolve diretamente o contexto empírico da aula analisada, quanto aos aspectos macro que envolve os discursos de referência, como as

recomendações curriculares, por exemplo. Esses aspectos devem ser considerados quando pretendemos analisar os movimentos discursivos e colaborativos entre os sujeitos.

Segundo Carvalho (2011b), os episódios não precisam seguir uma ordem cronológica de continuidade igual àquela apresentada nos vídeos em sua íntegra. A situação analisada pode ter sua sequência interrompida, continuando minutos depois ou até mesmo em aulas posteriores. Em casos como este, os episódios são subdivididos em cenas, as quais são importantes para dar sentido aos dados analisados. Nesse processo de construção dos dados, Carvalho (2011b) equipara o pesquisador como um produtor de filmes, mas aponta algumas singularidades no trabalho, ao argumentar que:

É ele [o pesquisador] que vai montar as diversas cenas de um episódio para dar sentido aos seus dados, pois os diálogos, as discussões em sala de aula, não são retilíneos [...]. Diferentemente de um produtor que procura um produto artístico e único, contudo, no nosso caso temos de encontrar uma objetividade científica integrando dados empíricos com os referenciais teóricos e conferindo fidedignidade a nossas escolhas (CARVALHO, 2011b, p. 34).

Para construção dos dados, Carvalho (2011b) salienta a necessidade de obter informações preservando não somente as interações verbais, mas também os detalhes visuais, como gestos e ações, pois esses elementos também são relevantes para dar sentido às nossas escolhas durante o processo de montagem dos episódios e das cenas.

Outro ponto importante no tratamento dos dados é a transcrição, pois é um processo importante na análise das gravações em áudio e vídeo. A partir dela podemos observar e registrar os detalhes das diferentes linguagens (oral e gestual) que ocorrem na sala de aula, as quais podem passar despercebidas quando há uma observação direta do vídeo sem as transcrições (CARVALHO, 2011b). Ressaltamos que as transcrições devem servir como apoio à análise do vídeo e não deve substituí-lo (MEIRA, 1994).

Carvalho (2011b) aponta que os detalhes das interações que envolvem a comunicação, como a entonação, pausas, humor, grau de certeza nas afirmações, e outros, devem ser considerados no momento da transcrição. Essa natureza multimodal das interações é necessária para investigação do objeto e por isso “é preciso documentar tanto as especificidades quanto as possibilidades de inter-relação entre os diferentes modos semióticos” (MARTINS, 2011, p. 305).

As transcrições devem ser totalmente fiéis às falas dos sujeitos a que correspondem, mas do ponto de visto ético, os problemas de pronúncia ou gramaticais que envolvem a linguagem coloquial podem ser corrigidos, com o intuito de tornar o texto mais claro para o leitor. É necessário que os pesquisadores sigam algumas normas já acordadas pela comunidade

científica para empregar códigos ou sinais nas transcrições. Em geral, os sinais servem para apontar marcações linguísticas presentes nas falas dos sujeitos (CARVALHO, 2011b). No Quadro 4, seguem os principais sinais explicitados por Carvalho (2011b), os quais serão utilizados nas transcrições desta pesquisa:

Marcações linguísticas	Sinais (códigos)
Para marcar qualquer tipo de pausa, tais como vírgula, ponto final, dois pontos, exclamação e ponto e vírgula	Empregar o sinal de reticências... O único sinal a ser mantido é o ponto de interrogação
Para hipóteses do que se ouviu	Empregar o sinal parênteses ()
Para inserções de comentários do pesquisador	Empregar o sinal de parênteses duplo (())
Para indicar prolongamento de vogal ou consoante	Empregar dois pontos duplo :: Ex: “éh::”
Para indicar truncamento de palavras	Empregar o sinal de barra / Ex: “o pro/...o procedimento”
Para silabação de palavras	Empregar o hífen entre as sílabas Ex: “di-la-ta-ção”
Para quebras na sequência temática com inserção de comentários	Empregar o sinal de travessão – Ex: “as partículas do arame – que é um sólido – se afastam”
Para indicar entonação enfática	Empregar letras maiúsculas
Para turnos superpostos (falas sobrepostas)	Empregar deslocamento (____) e colchetes ([]), no caso de falas simultâneas
Para representar a simultaneidade das diversas linguagens (oral, gestual)	Alterar a formatação da fonte empregando letras em negrito , <i>itálico</i> ou <u>sublinhado</u>

Quadro 4: Marcações linguísticas para transcrição

Fonte: Carvalho (2011b, p. 36)

É importante lembrar que durante o processo de transcrição deve-se preservar a identidade³⁷ dos sujeitos, nomeando-os de forma fictícia. Tal preocupação foi considerada nesta pesquisa. Cabe ainda ressaltar que os responsáveis pelas crianças e a professora autorizaram a gravação e uso do material para a pesquisa, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

4.2 Contexto da Pesquisa

Desde a década de 1990, pesquisadores do LaPEF vêm desenvolvendo trabalhos por meio de parcerias com escolas públicas de São Paulo. O intuito é capacitar professores do

³⁷ Esta preocupação consta no próprio termo de regimento da Comissão de Ética da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP).

ensino fundamental e médio para que possam promover uma educação fundamentada nos princípios da Alfabetização Científica, a partir do desenvolvimento e implementação de atividades investigativas. Quando os professores realizam essas atividades em sala de aula, é também de interesse do grupo coletar dados que sirvam para pesquisas futuras, com o objetivo de compreender melhor a relação entre o como se ensina e como se aprende no contexto de práticas educativas baseadas no ensino por investigação.

No ano de 2010, foi firmada uma parceria com a Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Jardim da Conquista, localizada no distrito de Perus, zona noroeste da cidade de São Paulo/SP. Em 2012, ano que foi realizada a coleta dos dados, a escola contava com 540 alunos do ensino fundamental I, sendo que a classe analisada nesta pesquisa era composta por 33 alunos, sendo 17 meninos e 16 meninas (FREIBERG, 2015). A escola possui uma boa infraestrutura e é bastante ampla. Grande parte dos alunos que estudam no Jardim da Conquista são provenientes de famílias de baixa renda e residentes da região onde a escola está situada.

Entre os anos de 2010 e 2012, a Profa. Lúcia Helena Sasseron, uma das coordenadoras do LaPEF, organizou um projeto de formação²¹, juntamente com a direção da escola Jardim da Conquista, a ser desenvolvido com as professoras dos anos iniciais, a fim de discutir e implementar o ensino por investigação em aulas de ciências. O objetivo principal do projeto era promover o desenvolvimento da Alfabetização Científica dos alunos por meio de atividades investigativas de ciências. Nesse projeto, a docente formadora propôs encontros com as professoras da escola, os quais foram organizados a partir de reuniões da seguinte forma:

- Nos anos 2010 e 2011 ocorreram encontros realizados na própria escola com a participação de professoras dos anos iniciais do ensino fundamental e da coordenação pedagógica. As reuniões eram organizadas a partir de leituras de textos e discussões sobre os fundamentos do ensino por investigação, bem como discussões sobre as sequências de ensino investigativas que eram implementadas pelas professoras. Havia uma grande preocupação, por parte da docente formadora, em ouvir as principais dúvidas e questionamentos das professoras sobre como garantir a investigação e as interações em sala de aula, aspectos que contribuíram para ajustar as sequências de ensino propostas pela docente formadora, as quais foram organizadas no contexto do LaPEF.
- No ano de 2012 esses encontros foram ampliados, com o propósito de trabalhar os conteúdos presentes nas sequências de ensino investigativa com toda a equipe

do ensino fundamental I da escola. Além disso, as reuniões serviram para orientar o planejamento das ações das professoras para que estivessem coordenadas e coerentes com a abordagem didática investigativa, quando desenvolvidas em sala de aula. Foi a partir deste ano, que as aulas e os encontros, de algumas professoras, passaram a ser videogravados.

4.2.1 Constituição dos dados

Os dados dessa pesquisa correspondem à videogravação de aulas de Ciências da Natureza, implementadas na EMEF Jardim da Conquista. À época, a professora (sujeito da pesquisa) participava regularmente das atividades do projeto e adotava em suas aulas o material didático disponibilizado pelo LaPEF. Foram trabalhadas as atividades presentes na SEI Navegação e Meio Ambiente, a qual pode ser encontrada no capítulo quatro da coleção “Investigar e Aprender: Ciências” - 4º ano (CARVALHO *et al.*, 2011, p. 81-120). As informações foram coletadas no segundo semestre de 2012, em uma turma do 3º ano do Ensino Fundamental. Conforme mencionado, a classe era composta por 33 alunos, sendo 17 meninos e 16 meninas, com média de idade entre 9 e 10 anos. Em geral, os alunos apresentavam-se bastantes motivados a participar das atividades e sem problemas significativos de comportamento.

Durante a implementação das aulas, a SEI Navegação e Meio Ambiente³⁸ sofreu algumas adaptações, pois nem todas as atividades previstas foram desenvolvidas de igual maneira como se apresentava na sequência de ensino. Houve variações nos intervalos entre as aulas, sendo que a professora conjugou algumas aulas em duplas devido à disponibilidade de tempo e outras razões que envolveram a dinâmica escolar, como a proximidade com o final do semestre letivo. Assim, a professora trabalhou as 11 atividades previstas na sequência em 8 encontros, totalizando um período de dois meses e meio.

Em linhas gerais, esta SEI inicia com dois problemas didáticos que envolvem a questão das embarcações. No decorrer da sequência são utilizados textos de sistematização e análises de imagens para organizar os conceitos referentes à noção de flutuação dos corpos. Após as discussões sobre navegação, são problematizadas novas questões as quais se referem aos impactos ambientais ocasionados pelos meios de transporte aquático. São exploradas leitura e análise de dados em tabela a partir de um jogo entre presas e predadores, além de outros textos para sistematizar e organizar os conhecimentos dos alunos sobre os problemas ambientais e a

³⁸ Detalhes sobre a SEI Navegação e Meio Ambiente podem ser encontrados no capítulo 5.

navegação. Esta sequência de ensino já foi aplicada em outras escolas públicas da cidade de São Paulo e diferentes estudos apontaram indícios de que esta SEI promoveu a alfabetização científica dos estudantes (SASSERON, 2008; AFONSO, 2011; LETTA, 2014; RABONI, 2013; FREIBERG, 2015).

4.3 Procedimentos de análise

Para fins de análise, dentre as 11 atividades presentes na Sequência de Ensino Investigativa (SEI), escolhemos a atividade 1, denominada “Travessia do Rio”, pelo motivo da mesma ter apresentado significativas interações discursivas entre os sujeitos, as quais envolveram ambiguidades de ideias, conflitos, dúvidas, perguntas, que, a nosso ver, podem nos ajudar a compreender substancialmente o processo de significação do problema didático. Além do diálogo constante, o áudio presente nesta aula encontra-se com poucos problemas de captação, quando comparado a outras aulas videogravadas desta SEI. Nesta atividade, os alunos, em grupo, teriam que resolver um problema didático de natureza teórica e socializar suas estratégias de resolução e conclusões com toda a classe.

Como procedimento de análise, a aula será transcrita e categorizada com base nos elementos significadores que consideramos importantes para compreender o processo de significação do problema didático (PD). Esses elementos integram a ferramenta de análise construída nesta pesquisa, denominada de Potencial Problema Significador (PPS), conforme podemos ver no Quadro 5. Salientamos que a elaboração dessa ferramenta foi realizada a partir das discussões teórico-empírica presentes nas relações entre a perspectiva vygotskyana e a abordagem didática do ensino por investigação, bem como das articulações dessas com os dados analisados nesta pesquisa.

PPS	Necessidades: são inicialmente criadas pelo professor a partir da apresentação do PD como objeto de estudo. A necessidade é dependente do motivo que impulsiona a agir (problema) e das ações (forma como o problema é resolvido em sala de aula). As necessidades estão incluídas na manifestação das contradições, nas ações colaborativas e nos processos de criação.
	Contradições: as contradições são manifestadas pelos sujeitos ao enfrentar o PD. Geralmente aparecem nas hipóteses construídas pelos alunos. Essas contradições representam um estado psíquico de dificuldade intelectual, criada a partir dos problemas didáticos, relacionada a uma necessidade cognitiva de resolver o problema.
	Imaginação: situações criadas ou imaginadas pelos alunos que visam solucionar o PD. Pela imaginação podemos perceber como as experiências imediatas das crianças estão sendo ampliadas. Geralmente a imaginação ou criação surge como possibilidades de soluções para o PD.
	Colaboração: pode ocorrer no âmbito da colaboração didático-pedagógica (CDP) e no âmbito da colaboração epistêmica (CE). As colaborações didático-pedagógicas envolvem a <u>organização do ensino</u> , como: controlar o tempo, distribuir a classe conforme a tarefa, perseguir o objetivo da atividade, formular o problema, regular comportamentos, direcionar a atenção do aluno, gerenciar tensões. Já as ações colaborativas epistêmicas envolvem a <u>organização e desenvolvimento do pensamento científico</u> dos alunos, como: construir novos conhecimentos e dar novas informações, apresentar novos pontos de vista; colocar as respostas dos alunos em avaliação; levar os alunos a testarem suas hipóteses, explicitar contradições conceituais; legitimar ideias).

Quadro 5: Ferramenta (PPS) para analisar o processo de significação do problema didático

No capítulo 2, argumentamos com base na perspectiva vygotskyana que os elementos significadores poderiam ser importantes recursos teórico-metodológicos para o estudo do processo de significação de problemas mediadores de segunda ordem em sala de aula. Sendo assim, utilizaremos-os como parâmetros para analisar o surgimento dos PPS em aulas investigativas.

Nesta pesquisa, compreendemos que os PPS servem não só como uma ferramenta pedagógica, cujo papel principal seja mediar as relações entre os conhecimentos dos sujeitos (professor-aluno) e as relações sujeitos-objeto para significar o PD. Mas podem servir também como uma ferramenta analítica para avaliarmos a qualidade da significação do PD. Essa qualidade implica investigar o desenvolvimento do pensamento das crianças, a partir da superação das suas contradições, dos processos imaginativos para criar novas situações ou ideias, o atendimento às necessidades cognitivas, bem como a qualidade das colaborações incentivadas especialmente pelo professor, uma vez que este é o representante da cultura científica em sala de aula. Em outras palavras, não basta simplesmente que identifiquemos a presença ou não de PPS no desenvolvimento da aula, é preciso buscar evidenciar a qualidade

das relações entre ele e as necessidades apresentadas pelos alunos; a superação dos seus limites/contradições, o desenvolvimento da imaginação/criatividade, bem como as ações colaborativas produtivas.

Os dados dessa pesquisa serão organizados em 3 episódios, os quais consideramos os principais momentos presentes no processo de significação do problema didático na aula investigada, quais sejam: 1) Apresentando o Problema Didático; 2) Enfrentando o Problema Didático e o Surgimento dos Potenciais Problemas Significadores: tensões entre a lógica cotidiana e a lógica científica; 3) Resolvendo o Problema Didático: a simulação.

O primeiro episódio revela a forma como o problema didático (PD) é apresentado pela professora, bem como o papel e função do mesmo no contexto da atividade de ensino. O segundo e o terceiro episódio representam os momentos em que os alunos buscam enfrentar e resolver o PD por meio de diferentes ações. Esses dois últimos episódios foram subdivididos em cenas demarcadas pelos Potenciais Problemas Significadores (PPS) que surgiam durante a aula. No próximo capítulo apresentaremos com detalhes a análise da significação do problema no decorrer de uma aula investigativa de ciências.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DO MOVIMENTO DE SIGNIFICAÇÃO DO PROBLEMA DIDÁTICO EM UMA AULA INVESTIGATIVA DE CIÊNCIAS

Neste presente capítulo analisaremos como se deu o processo de significação de um problema didático presente em uma Sequência de Ensino Investigativa, desenvolvida com alunos do 3º ano do ensino fundamental. Para isso, utilizaremos como instrumento analítico os elementos significadores estabelecidos com base nas ideias de Vygotsky, os quais encontram-se sintetizados nos Potenciais Problemas Significadores (PPS), sendo estes, entendidos como novos problemas que atuam como mediadores de segunda ordem na atividade investigativa e que emergem na trama das relações entre os sujeitos para significar o PD. Salientamos mais uma vez que as discussões teóricas tecidas nos capítulos anteriores serão complementadas e validadas com a análise de dados empíricos apresentados a seguir.

5.1 Conhecendo a SEI Navegação e Meio Ambiente

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI), discutida nesta pesquisa, foi planejada para os anos iniciais do ensino fundamental e está organizada com base em um tema, “Navegação e Meio Ambiente³⁹”, composta por 11 atividades. Esta SEI visa alfabetizar cientificamente os alunos ao propor discussões sobre temas das ciências enfocando as dimensões sociais e ambientais associadas à navegação. Segundo Sasseron e Carvalho (2011, p. 103):

Os objetivos centrais que nos nortearam na elaboração e planejamento desta e de outras propostas estão ligados à possibilidade de, desde o início do EF, proporcionar aos alunos possibilidades de se envolverem com problemas das ciências, investigando suas soluções e construindo conceitos a eles associados. Uma vez que as propostas giraram em torno de temas das ciências e de suas relações com a sociedade e com o meio ambiente, além de permitirmos e incentivarmos a participação ativa dos estudantes, outro de nossos objetivos está ligado à promoção do início da AC destes alunos.

No Quadro 6, apresentamos a estruturação da SEI Navegação e Meio Ambiente. As atividades da primeira e segunda coluna (à esquerda do Quadro 6) são aquelas mais direcionadas a questões de navegação enquanto que as atividades da terceira e quarta coluna (à direita desse mesmo quadro) estão voltadas para os impactos ambientais relacionados à navegação. Embora tenha sido possível traçar essa “separação” nas atividades entre os conteúdos da Navegação e aqueles sobre o Meio Ambiente, cabe ressaltar que esta proposta

³⁹ Esta sequência foi elaborada por uma equipe de cinco pesquisadoras e professoras do LaPEF (Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP). Para maiores detalhes, consultar o livro “Investigar e Aprender Ciências” – 4ºano (CARVALHO *et al.*, 2011).

não visa tratar o tema de forma estanque; os conteúdos se intercalam a todo momento formando uma espécie de unidade temática no curso da investigação, conforme podemos ver a ilustração da organização da SEI desenvolvida na Escola Municipal Jardim da Conquista, em São Paulo, no Quadro 6.

Quadro 6: Organização das atividades da SEI Navegação e Meio Ambiente, desenvolvida na turma do 3º ano do ensino fundamental da Escola Municipal Jardim da Conquista – SP.

Nesta SEI, podemos demonstrar três atividades que contêm problemas didáticos: o problema da atividade 1, o problema da atividade 2 e o problema da atividade 6, indicados no Quadro 6, sendo que o primeiro e o último são teóricos e, o segundo, experimental. Os dois primeiros estão relacionados à navegação e servem como pontos de partida para iniciar a discussão sobre esse assunto, enquanto que o problema da atividade 6 direciona-se para questões sobre o meio ambiente, demarcando o início de tal discussão. Cabe ressaltar que os problemas didáticos presentes nesta SEI não se esgotam apenas nessas três atividades mencionadas.

De maneira mais específica, o problema didático da atividade 1, o qual será analisado nesta pesquisa, tem como objetivo engajar os alunos no tema da sequência de ensino a partir do seguinte desafio: *"Três homens querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 kg. Eles "pesam" 60, 65 e 80 quilos. Como proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?"*.

Observa-se que este problema é de natureza teórica, pois os alunos precisam pensar sobre uma determinada situação, a qual exige pensamento abstrato. Nesta atividade, o propósito é fazer com que os estudantes percebam a importância de considerar a capacidade de uma embarcação para manter a estabilidade da mesma, logo o objeto de conhecimento planejada para esta tarefa é o entendimento sobre as relações entre estabilidade e capacidade do barco.

Já o problema didático presente na atividade 2 tem um caráter experimental, pois exige dos alunos diferentes ações práticas para resolver a seguinte questão: *“Como construir um barquinho capaz de carregar o maior número de pecinhas sem afundar na água?”*. É possível perceber que este problema é complementar ao anterior e visa a levar os alunos a tomarem consciência da importância da relação entre o volume⁴⁰ da embarcação e a massa a ser transportada e distribuída.

O problema didático da atividade 6 é de caráter teórico, pois pretende que os alunos reflitam sobre *“O que pode acontecer com um ser vivo que é despejado em um ambiente com condições climáticas favoráveis, com bastante alimentação e nenhum predador?”*. Esse problema introduz as discussões sobre os impactos causados pela navegação no meio ambiente e tem como objeto de conhecimento o entendimento sobre o conceito de desequilíbrio ambiental.

5.2 Análise da Atividade 1: Desafio da Travessia do Rio

Conforme mencionado anteriormente, a atividade a ser analisada, denominada de “Desafio da Travessia do Rio”, foi estruturada tendo como base um Problema Didático (PD), do tipo teórico. O PD presente nesta atividade, embora estivesse mais direcionado para a área de conhecimento da matemática - tendo em vista que a sua solução ocorre por meio de um cálculo matemático, o mesmo foi utilizado na SEI “Navegação e Meio Ambiente”, com o intuito de fomentar novas discussões que serviriam para os alunos analisarem outros problemas didáticos direcionados para o campo de ensino de ciências, a exemplo do problema do barquinho, presente na atividade 2 (cf. Quadro 6). Em outras palavras, podemos dizer que o objetivo principal desta primeira atividade da SEI foi desenvolver nos alunos não somente o raciocínio lógico presente no cálculo matemático, mas também o entendimento da relação entre a estabilidade e a capacidade do barco - noções importantes para ajudá-los na posterior análise de novos problemas didáticos propostos na sequência de ensino, conforme já destacamos. Reiteramos mais uma vez que a escolha por esta atividade “Desafio da Travessia

⁴⁰ Em geral, as crianças dos anos iniciais remetem a ideia de volume à noção de área. Portanto, é bastante comum aparecer esta palavra [área] nas suas falas.

do Rio” deveu-se ao fato da mesma apresentar uma intensa interação entre a professora e os alunos, que, a nosso ver, podem nos ajudar a compreender melhor o processo de significação do problema. Além do diálogo constante, o material videogravado encontra-se com poucos problemas de captação.

Após a transcrição desta aula, buscamos categorizá-la seguindo os procedimentos de análise explicitados no capítulo 4. Para isso, organizamos um quadro geral (ver apêndice A) com os dados (composto por 302 turnos de falas entre alunos e professora) e suas respectivas categorizações, a partir da identificação dos elementos significadores que consideramos importantes para analisar o processo de significação do PD em aulas investigativas, tais como: necessidade, contradição, colaboração e imaginação. Para fins de análise, dividimos os dados em três episódios: 1) Apresentando o Problema Didático; 2) Enfrentando o Problema Didático e o Surgimento dos Potenciais Problemas Significadores: tensões entre a lógica cotidiana e a lógica científica e 3) Resolvendo o Problema Didático: a simulação. O segundo e o terceiro episódio foram subdivididos em cenas demarcadas pelos Potenciais Problemas Significadores (PPS) que surgiam durante a aula.

O problema didático apresentado aos alunos foi exposto na sala de aula por meio da projeção em slide (cfe. Figura 8), acompanhado do seguinte enunciado: *“Três homens querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 kg. Eles “pesam” 60, 65 e 80 quilos. Como proceder para atravessar o rio, sem afundar o barco?”*

Figura 8: Imagem apresentada aos alunos, a qual foi extraída do livro Investigar e Aprender Ciências – 4º ano (CARVALHO *et al.*, 2011)

A resolução deste PD ocorre quando os alunos admitem a possibilidade de o barco fazer várias viagens entre uma margem e outra, considerando a estabilidade do barco e a capacidade que o mesmo comporta. Vejamos a solução:

- ❖ Primeira viagem: o barco vai de uma margem a outra levando os homens de 60 e 65 kg. Peso total na viagem: 125 kg.
- ❖ Segunda viagem: o barco volta para a outra margem com um dos homens (qualquer um, seja o de 60 ou o de 65 kg). Vamos considerar que o homem que ficou na margem foi o de 60 kg e o que voltou com o barco foi o de 65 kg. Peso total na viagem: 65 kg.
- ❖ Terceira viagem: o barco vai para a outra margem levando o homem de 80 kg. Peso total na viagem: 80 kg.
- ❖ Quarta viagem: o barco volta com o homem de 60 kg. Peso total na viagem: 60 kg.
- ❖ Quinta e última viagem: o barco vai para a outra margem levando os homens de 60 e 65 kg. Peso total na viagem: 125 kg.

5.2.1 Episódio 1: Apresentando o Problema Didático (PD)

Este primeiro episódio marca o início da atividade investigativa com a professora apresentando o problema didático aos alunos, especificamente no turno 6, explicitado no fragmento de falas abaixo:

T -1: Professora: Bom dia!!!

T- 2: Alunos: Bom dia!!!

T-3: Professora: Então a gente vai continuar com o projeto de ciências e a aula de hoje, a gente vai começar com um probleminha pra vocês resolverem.

T-4: Aluno NI: A gente já resolveu...

T-5: Professora: Não...ainda não...

T-6: Professora: Vocês receberam a tirinha, né, com a comanda do problema. E aí está escrito assim: “pense e resolva: **três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos...** ([Aluno NI⁴¹: Nossa!]) **Eles têm peso de 60, 65 e 80 quilos.** ([Aluno NI: Nossa!]) **Como devem proceder para atravessar o rio, SEM afundar o barco?**” Primeiro vocês vão conversar no grupo de vocês. Primeiro é com vocês em cada grupo, vocês vão pensar como é que vai resolver isso. Quando o grupo chegar em uma conclusão, pensar em uma maneira, aí vocês vão me chamar para falar qual é a ideia de vocês. Aí, a gente vai ouvir a ideia de cada um pra ver qual é a que vai dá certo, tá bom? ([Alunos: sim...tá...]) Então podem começar.

⁴¹ Sigla NI quer dizer – aluno não identificado.

A professora faz a leitura em voz alta do PD: “*Três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos...[...] Eles tem peso de 60, 65 e 80 quilos. [...] Como devem proceder para atravessar o rio, SEM afundar o barco?*” e, em seguida, orienta os alunos de como devem proceder durante a realização da tarefa, indicando que primeiro precisam pensar na solução em grupo para depois compartilharem com toda a turma. Cabe ressaltar que a classe, composta por 33 alunos, foi organizada em grupo de 4 ou 5 pessoas. Essa organização das ações dos alunos pode ser interpretada como uma *colaboração pedagógica* da professora, pois o seu intuito era não só os instruir sobre as regras da atividade, mas também possibilitar que entre eles houvessem a construção de planejamento e discussões sobre o PD.

Durante a leitura do PD, os alunos demonstram-se bastante atentos, sendo que um deles intercalou sua fala com a professora, denotando certo espanto ou surpresa em relação ao problema proposto, conforme é possível observar no turno 6, quando um aluno não identificado mencionou a expressão “*nossa!*”, à medida que a professora lia o PD. A professora lê cuidadosamente cada palavra, alternando seu tom de voz em alguns momentos para chamar atenção dos alunos, por exemplo, a palavra “sem” no contexto da frase “[...] *SEM afundar o barco*” foi expressa de maneira bastante enfática, aspecto que parece demonstrar que a professora queria deixar claro a não possibilidade do barco afundar como condição importante para os alunos pensarem durante a resolução do problema.

Observamos ainda que neste primeiro episódio há uma demarcação da mudança de posição que o problema didático ocupa na atividade de ensino. Ele deixa de ser mediador de segunda ordem e passa a ser objeto de conhecimento a ser desvelado pelos alunos, pois a tarefa proposta é que eles pensem em uma resposta para este desafio. Cabe ressaltar que no capítulo 3 discutimos que o PD, quando implementado em sala de aula, passa a assumir uma nova função diferente daquela proposta no planejamento da sequência de ensino. Ele se materializa no objeto de conhecimento da atividade, o qual norteará toda dinâmica de investigação investida pelos alunos juntamente com a professora.

Nessa mudança, ou melhor, nesse movimento de transformação da função do problema didático, cria-se uma *necessidade cognitiva* nos alunos de investigá-lo, uma vez que a necessidade ao se encontrar no objeto (neste caso, o próprio PD) incita-os a agirem, tornando assim o motivo da atividade do aluno. Esse motivo, de acordo com a perspectiva histórico-cultural, pode ser do tipo compreensível (quando o aluno faz a tarefa porque sabe que o professor irá cobrá-lo) ou eficaz (quando sente realmente a vontade de investigar o problema e apreender os conhecimentos a ele vinculados).

Cabe ressaltar que nesta análise não objetivamos qualificar os motivos dos alunos, até porque, na perspectiva histórico-cultural, isso demandaria outros métodos de investigação. O que pretendemos é sinalizar que tanto os motivos compreensíveis quanto os eficazes podem aparecer na atividade de aprendizagem do aluno quando o PD se torna objeto de estudo, isto é, quando o problema se torna objeto de investigação para eles. Dessa forma, entendemos que qualquer que seja o motivo inicial apresentado pelo estudante na tarefa, o problema, ao tornar-se objeto de conhecimento na atividade de ensino, tem o potencial de estimular os alunos a agirem, desencadeando ações investigativas que favoreçam a busca do seu entendimento e solução. Em outras palavras, ao propor o PD, cria-se então, nos alunos, uma *necessidade cognitiva* de enfrentá-lo, a qual poderá ser manifestada ao longo das aulas em forma de criações imaginativas e/ou hipotéticas (contraditórias ou coerentes com a lógica do PD), assim como em forma de ações colaborativas, conforme veremos nos episódios a diante.

Após a apresentação do PD para os alunos é então iniciado o processo de enfrentamento e solução do mesmo, aspectos que serão discutidos e analisados a seguir.

5.2.2 Episódio 2: Enfrentando o Problema Didático (PD): tensões entre a lógica cotidiana e a lógica científica

Discutimos no capítulo 3 que o processo de significação do PD em aulas investigativas pode ocorrer a partir da presença de elementos significadores, sintetizados nos Potenciais Problemas Significadores (PPS), quais sejam: necessidades, contradições, colaborações e imaginações. Deste modo, o objetivo deste segundo episódio é apresentar o processo de significação do PD, a partir do surgimento de novos problemas - mediadores de segunda ordem, que emergem da interação entre alunos e a professora ao longo da aula. Diferentemente do episódio anterior, este foi dividido por 15 cenas, as quais representam o momento de surgimento de cada PPS e seus respectivos fragmentos de turnos de falas. Salientamos que em algumas cenas dois ou mais PPS foram agrupados em um único, pois entendemos que eles apresentavam complementaridades entre si. Em cada uma das cenas explicaremos como esses novos problemas ou problematizações⁴², foram qualificados como PPS, de acordo com as relações teóricas estabelecidas com os elementos significadores (necessidades, contradições, colaboração e imaginação) abordados nos capítulos 2 e 3. Além disso, analisaremos suas contribuições durante o processo de atribuição de novos sentidos e significados ao PD.

⁴² No sentido apresentado por Capecchi (2013).

A característica principal deste segundo episódio são as tensões vivenciadas pelos alunos durante a atribuição de sentidos e significados ao PD. Grande parte das proposições imaginadas por eles estão enquadradas no contexto de um pensamento situacional, isto é, eles utilizam da lógica cotidiana para enfrentar o problema didático enquanto que a professora se esforça para que os alunos elaborem ideias com base na lógica científica. Os PPS emergem dessa tensão, sendo criados pelos alunos e/ou pela professora e retomados, quando necessários, ao longo da atividade. Vejamos as cenas a seguir:

Cena 1: “*E se tivesse alguém para ir, aí pegava a gente e levava, depois trazia e levava?*”

Nesta cena que vai do turno 7 ao 18 podemos observar os primeiros passos encaminhados pelos alunos para enfrentar o PD. Inicialmente a professora vai a cada grupo e observa como os alunos planejam resolver o problema. No turno 8, ao perceber a maneira equivocada do aluno Pedro pensar sobre o PD, a professora explicita a contradição da ideia dele, uma vez que o mesmo busca multiplicar o peso das pessoas envolvidas no problema didático. Ela se direciona apenas para este aluno e o corrige, indicando que multiplicar 60 por 80 não vai resolver o desafio. Em seguida, a professora vai ao grupo da aluna Joice e escuta uma nova proposta. No turno 10, ela repete a forma de resolver deste grupo e logo em seguida refuta a proposição sinalizando a não possibilidade de um dos amigos empurrarem o barco, tendo em vista a distância do rio. Vejamos o diálogo:

T-7: Pedro: inaudível

T-8: Professora: Pedro, não são 60 vezes (8 ou 80)... [inaudível]

((*A professora vai a cada grupo observando como as crianças propõem resolver o desafio*))

T-9: Alunos NI: inaudível

T-10: Professora: Ó, gente, a Joice deu uma ideia aqui: ela falou assim que um vai, vai um de cada vez só que ele vai e empurra o barco de volta, só que a distância é muito grande e não dá para empurrar o barco de volta, entendeu?

((*Ao observar os alunos discutindo o problema com seus colegas, a professora se dirige ao grupo da Joice, escuta e repete a sua proposta de solução do problema*)).

T-11: Aluno NI: Vai nadando...

T-12: Professora: Não pode ir nadando, tem que ir no barco.

T-13: Aluno NI: É, porque ele é mais... [inaudível]

T-14: Professora: Então a gente tem que eliminar algumas ideias aí para vocês não falarem novamente. Então é... Tem que ir no barco. *Tem que ir para o outro lado no barco.* Então não pode ir de outra forma, tem que ser no barco. Uma outra coisa: *o rio é bem grande*, então não dá para empurrar o barco de volta. Se fosse uma distância curtinha não precisava ir de barco, concorda? Então não dá para empurrar o barco de volta.

((*Neste momento, a professora pega o giz e escreve na lousa as ideias e os alunos prestam atenção às orientações da professora*)).

T-15: Maria: **E se tivesse alguém para ir, aí pegava a gente e levava, depois trazia e levava?**

T-16: Professora: Sim, ó! Olha aqui o que a Maria falou, repete Maria.

T-17: Maria: Uma pessoa entrava no barco para pegar uma que está desse lado e levava [inaudível]

T-18: Professora: Ahã...mas não tem essa pessoa, tem só TRÊS pessoas. As três estão desse lado aqui do rio, as três estão ali e tem que chegar do outro lado do rio. O barco tá parado ali tá vazio. As três pessoas precisam atravessar, só que o barco suporta apenas 130 quilos. E cada um tem: 60, outro 65 e o outro, 80 quilos, tá? É isso que vocês têm que pensar. Fala Fabrício!

No turno 12, a professora também refuta a ideia do aluno apresentada no turno 11, ao propor que os amigos atravessem o rio nadando. Em virtude das contradições de ideias apresentadas por eles, a professora busca colaborar de forma pedagógica e epistêmica, isto porque ao mesmo tempo em que utiliza de recursos pedagógicos (como a escrita na lousa) para construir o cenário do PD, esta ação possibilita que os alunos reorganizem seus pensamentos, pois, neste momento, a professora escreve o que precisa ser considerado durante a análise do problema didático: tem que ir para o outro lado no barco e o rio é bem grande. Com isto, a professora sugere eliminar ideias contraditórias à lógica científica de resolução do PD, tais como: empurrar o barco e ir nadando.

No turno 15, Maria propõe um novo problema: *“e se tivesse alguém para ir, aí pegava a gente e levava, depois trazia e levava?”*, o qual pode ser qualificado como PPS, porque ele demarca um novo direcionamento do pensamento dos alunos ao enfrentarem o PD. Diante das colocações apresentadas pela professora, a aluna Maria imagina a possibilidade de inserir uma quarta pessoa na história do PD para ajudar os três amigos na travessia. Em sua proposição, a aluna parece sentir necessidade de problematizar a sua hipótese, colocando-a em teste para que seus colegas e a professora discutam e avaliem. Para se certificar de que todos ouviram sua ideia, a professora imediatamente pede para a aluna repeti-la, o que parece indicar que a mesma percebe a potencialidade deste novo problema significar o PD. Isso pode ser evidenciado na própria fala da professora quando explicita: *“Sim, ó! Olha aqui o que a Maria falou, repete Maria”*.

Embora esse PPS conduza os alunos a pensarem o PD sob um ponto de vista diferente daqueles até então colocados em sala de aula (ir nadando ou jogar uma corda), é importante ressaltar que ele não ajuda a resolver o problema didático no contexto da lógica científica esperada pela professora. Por isso, no turno 18, a professora reforça mais uma vez as condições que envolvem o PD sinalizando que, neste cenário, não há possibilidade de existir uma quarta pessoa: *“Ahã...mas não tem essa pessoa, tem só TRÊS pessoas. As três estão desse lado aqui do rio, as três estão ali e tem que chegar do outro lado do rio. O barco tá parado ali tá vazio. As três pessoas precisam atravessar, só que o barco suporta apenas 130 quilos. E cada um tem: 60, outro 65 e o outro, 80 quilos, tá? É isso que vocês têm que pensar”*.

Observamos que nesta primeira cena, diferentes hipóteses são formuladas pelos alunos, tais como: multiplicar o peso entre os amigos (turno 8); um dos amigos atravessar o rio sozinho

e empurrar o barco de volta para que os outros possam atravessar (turno 10); irem nadando (turno 11) e incluir mais uma pessoa para ajudar na travessia dos três amigos (turno 15). Entendemos que os alunos utilizaram da *imaginação*, das suas vivências e experiências para tentar resolver o problema, mas não obtiveram sucesso em suas proposições, pois a professora logo percebeu *contradições* de sentidos entre as ideias formuladas por eles em relação às ideias esperadas por ela. Cabe ressaltar que as ideias esperadas pela professora são aquelas condizentes com a lógica científica, a qual requer a elaboração de um raciocínio científico para analisá-lo (OSBORNE, 2016), diferente do pensamento cotidiano.

À medida que as hipóteses dos alunos foram sendo apresentadas, a professora parecia sentir necessidade de colaborar, ora reforçando-as positivamente, ora refutando-as, explicitando assim as contradições expressas nas ideias dos alunos. A refutação, neste caso, aparece de duas formas: como condição de contorno, a exemplo dos turnos 10, 12, 14 e 18 e como correção à resposta dada por um aluno, como por exemplo, no turno 8, quando a professora o corrige ao tentar multiplicar o peso das pessoas para resolver o problema. Essa *colaboração* da professora é do tipo epistêmica, porque seu intuito é orientar as ações dos estudantes, direcionando-os para a construção de um raciocínio mais próximo do científico, o qual envolve a mobilização de saberes mais elaborados. Essa colaboração apresenta consonância com as ideias de ZDP de Vygotsky, que busca potencializar o desenvolvimento cognitivo dos alunos por meio da participação da professora, ao apontar os erros e direcionar novos caminhos. O PPS, portanto, apresentado pela aluna Maria no turno 15, embora também tenha se manifestado como uma contradição à lógica científica do PD foi, ainda assim, considerado como um potencial problema significador, porque foi colocado pela aluna de forma questionadora, como decorrência de suas *necessidades cognitivas* de enfrentar o PD.

Cena 2: “E se colocasse uma corda no barco? Um vai lá, vai o outro e puxa o barco?”

Em continuidade às discussões anteriores, nesta segunda cena, que vai do turno 19 ao 21, evidenciamos um novo problema, dessa vez colocado pelo aluno Fabrício, o qual qualificamos como PPS. Ele surge em decorrência do PPS anterior, apresentado no turno 15. Imaginar que amarrar a corda no barco (para que um dos amigos que já atravessou possa puxar o barco do outro lado do rio) leva Fabrício, de forma semelhante à aluna Maria, a sentir necessidade de problematizar sua hipótese, colocando-a em teste para que todos possam discuti-la e avalia-la, pois o aluno parece perceber a potencialidade de a sua ideia significar o

PD. No entanto, esse PPS não é valorizado pela professora de modo a ser discutido em sala de aula, pois a mesma o refuta imediatamente dizendo ao aluno que esta ideia não dá, porque não tem corda no cenário do PD. Ela busca fazê-lo recordar sobre as condições de contorno que havia mencionado anteriormente na cena 1, ao questionar, no turno 20: *“lembra que eu já falei?”*. Sendo assim, embora o PPS não tenha sido explorado pela professora, a mesma colabora ao recolocar as condições de contorno que foram debatidas na cena anterior, conforme é possível observar no diálogo abaixo:

T-19: Fabrício: **E se colocasse uma corda no barco? Um vai lá, vai o outro e puxa o barco?**

T-20: Professora: Não, essa ideia também não dá. Por que não tem corda, só tem o barco e o rio é bem grande, lembra que eu já falei?

T-21: Rodrigo: Vai um de cada vez...

De forma semelhante à cena anteriormente discutida, percebe-se que os sentidos atribuídos pelos alunos ao PD encontram-se ainda muito próximos de uma lógica cotidiana, isto é, de um pensamento situacional, ao invés de conceitual. Isso pode ser explicado pelo próprio fato de o problema didático colocado em discussão apresentar um caráter que permite a construção de cenários típicos do dia a dia para solucioná-lo, como por exemplo: utilizar de cordas no barco, empurrar o barco ou atravessar o rio nadando. Além disso, Vygotsky (2009a) explica que quando as crianças operam com conceitos espontâneos durante a resolução de um problema não há conscientização sobre o seu próprio pensamento, pois a sua atenção está totalmente voltada para o objeto de conhecimento (que, neste caso, é o problema didático), através da observação direta. Daí a importância de o professor, neste processo inicial de significação do PD, fazer os alunos tomarem consciência das suas ações a partir do diálogo criado em sala de aula.

Para a perspectiva histórico-cultural, a linguagem ou as interações discursivas promovidas em sala de aula são cruciais na transformação do pensamento cotidiano para o pensamento conceitual ou científico e é, por esta razão, que se torna fundamental que a professora crie um ambiente dialógico entre os alunos para que haja desenvolvimento cognitivo. Além disso, as interações também são decisivas para o surgimento de PPS, pois é por meio das falas dos sujeitos que esses são manifestados. Cabe ressaltar que embora o PPS, apresentado nesta cena, no turno 19, tenha se manifestado como contraditório à lógica científica do PD, uma vez que colocar uma corda no barco não resolveria o problema didático, possibilitou a construção de uma nova ideia formulada pelo aluno Rodrigo, ao imaginar ser possível que os três amigos atravessassem um de cada vez, o que deu origem à formulação de um terceiro PPS na cena a seguir.

Cena 3: “*Um de cada vez? Me explica melhor como é que é isso*”.

A terceira cena, que vai do turno 22 ao 24, é iniciada com um PPS proposto pela professora, no momento em que solicita ao aluno Rodrigo que explique melhor a sua ideia colocada no turno 21, o qual propõe que as pessoas atravessassem uma de cada vez. A professora questiona esta ideia no turno 22, o que parece indicar que a mesma reconheceu a potencialidade desta proposição significar o PD. Vejamos o fragmento abaixo:

T-21: Rodrigo: Vai um de cada vez...

T-22: Professora: **Um de cada vez? Me explica melhor como é que é isso.**

T-23: Rodrigo: Vai... [inaudível]

T-24: Professora: Peraí... Ó, ó... escuta isso! Fala bem alto o que você falou.

Aqui mais uma vez chamamos atenção para a ação colaborativa da professora, de caráter epistêmico, pois o seu intuito com este questionamento, foi fazer com que o aluno Rodrigo explorasse a sua ideia, levando-o a criar justificativas para explicar sua proposição. Contudo, sua resposta, apresentada no turno 23, apesar de ser inaudível, parece ter sido contrária à lógica científica de resolução do PD, pois suscitou o desencadeamento de um novo PPS colocado por um aluno na cena 4, a seguir.

Cena 4: “*Se for um de cada vez como é que vai trazer o barco de volta?*”

O PPS explicitado pela professora na cena anterior, juntamente com a resposta contraditória apresentada por Rodrigo no turno 23 (ainda que inaudível), parece ter desencadeado um novo problema, dessa vez colocado pelo aluno Natan, o qual o configuramos como PPS. Ao ouvir a proposição do seu colega Rodrigo, Natan parece ter compreendido a contradição presente na ideia dele, o que o levou a problematizar a situação, ao mencionar, no turno 25: ‘*Se for um de cada vez como é que vai trazer o barco de volta?*’. Esse novo problema apresentado por Natan foi reforçado pela professora ao repetir sua indagação, no turno 26. Vejamos o prosseguimento dos diálogos com a turma:

T-25: Natan: **Se for um de cada vez como é que vai trazer o barco de volta?**

T-26: Professora: Se for um de cada vez, olha o que o Natan falou: se for um de cada vez, como é que ele vai trazer o barco de volta?

T-27: Maria: A não ser que fosse um navio.

T-28: Aluno NI: Só se for uma corda, só...

T-29: Professora: Não...A ideia da corda a gente já superou, lembra?

T-30: Aluno NI: [inaudível]

T-31: Professora: Ah...não tem motor não...[inaudível] mas mesmo que tiver motor, ué!

T-32: Maria: Não tem ninguém lá pra dirigir...

T-33: Professora: Entendeu? Mesmo que tenha, vai [inaudível].

Neste momento, tanto o aluno Natan quanto a professora colaboram de forma epistêmica, problematizando e legitimando a contradição da ideia manifestada na fala de Rodrigo (turno 23, da cena 2), o qual inicialmente propôs que a travessia pudesse ser realizada indo uma pessoa por vez.

Esse PPS apresentado por Natan também desencadeou a construção de novas hipóteses e imaginações para resolver o problema didático, porém tais criações continuavam alicerçadas no pensamento cotidiano ou situacional dos alunos, conforme podemos observar no turno 27, quando Maria, ao responder o PPS proposto por Natan, sinalizou a possibilidade de existência de um navio no lugar de um barco para resolver a travessia, assim como um outro aluno, no turno 28, traz à tona novamente o uso da corda para solucionar a situação.

Para Vygotsky (2009b) a imaginação da criança se difere da imaginação de um adulto, porque a relação que ela estabelece com o meio não tem a complexidade, a precisão e a variedade que caracterizam o comportamento do adulto e que constituem fatores determinantes para a imaginação. Isto é, o caráter combinatório, requerido durante o processo imaginativo, segundo o autor, é na sua qualidade e variedade inferior em relação às combinações realizadas por um adulto, daí a razão da dificuldade manifestada pelos alunos, durante o enfrentamento do PD, de apresentarem uma proposição mais elaborada, próxima de um pensamento científico. É nesse sentido que o processo de escolarização se torna crucial para o desenvolvimento do raciocínio científico e um dos motores que pode favorecer a significação de problemas em sala de aula é o PPS, pois leva os alunos a duvidarem das suas próprias compreensões, impulsionando-os a racionar, a explicitar o pensamento, a justificar proposições e a corrigir concepções. Os conflitos apresentados em sala de aula no formato de PPS não têm como função apenas criar um estado psicológico de desequilíbrio intelectual nos estudantes, mas também propiciar um distanciamento epistemológico do aluno em relação ao objeto de conhecimento (neste caso, o PD), o que pode favorecer a reestruturação das suas proposições imediatas. Deixemos claro que tal distanciamento epistemológico em relação ao problema didático não ocorre de forma rápida assim que o PPS é manifestado. É preciso que se dê tempo para que os alunos possam refletir melhor sobre as suas concepções.

Cena 5: “Então como vai chegar do outro lado?”

Em continuidade às discussões anteriores e principalmente após o PPS ter sido colocado pelo aluno Natan, no turno 25 da cena 4, os estudantes parecem se encontrar diante de um conflito. Isso fica claro na fala de um aluno, ao explicitar: “*então como vai chegar do outro lado?*” (turno 34). Esse novo problema também foi considerado um PPS, porque possibilitou uma nova reflexão e o replanejamento de novas ações para resolver o PD. No turno 35, a professora repete o PPS apresentado pelo aluno, compartilhando com toda turma e deixando claro que este é o problema central, conforme é possível observar no diálogo abaixo:

T-34: Aluno NI: Então como vai chegar do outro lado?
T-35: Professora: Então essa que é a pergunta: como é que vai chegar do outro lado?
T-36: Aluno NI: [inaudível]
T-37: Professora: Peraí, vamos ouvir o Fabrício agora.
T-38: Fabrício: [inaudível]
T-39: Professora: Muito bem! Essa ideia do Fabrício é legal. Fala de novo mais alto. Presta atenção para ver se vocês concordam com ele.
T-40: Fabrício: Um dos amigos vai, deixa um lá. Pega o outro e volta.
T-41: Professora: Sim, isso é legal, só que você tem que pensar numa coisa: o barco só comporta 130 quilos. E aí um tem 60, o outro tem 65 e outro tem 80 quilos.
T-42: Diego: [inaudível]
T-43: Professora: Peraí...perai...
T-44: Diego: Então, vai dois num barco só, um de 60 e 65...[inaudível]
T-45: Professora: Peraí, perai!!! Tá! Entendi o que você quis dizer. Ele falou assim que vai dois: um de 80 e um de 65. Eu quero saber se vai dar certo...
T-46: Diego: ...não! 60 e 65... porque senão não dá certo!
T-47: Maria: O de 65 precisa ir primeiro...

Em meio às tensões provocadas pelo PD, a professora colabora pedagogicamente, gerenciando os conflitos, ao solicitar silêncio para que todos possam ouvir a nova proposição apresentada pelo aluno Fabrício, iniciada no turno 38. Fabrício parece entender o dilema vivenciado pelo seu colega (no turno 34) e propõe uma ideia diferente, colaborando com uma nova maneira de olhar o PD. Ele parece imaginar uma solução mais próxima da lógica científica e sua ideia demarca uma nova orientação ao objeto de conhecimento. Sua fala fica mais clara no turno 40, ao propor que “*um dos amigos vai, deixa um lá. Pega o outro e volta.*” A situação imaginada pelo aluno é coerente com a solução lógica do PD e, por isso, no turno 39, a professora reforça positivamente a sua ideia, chamando atenção da turma para uma análise compartilhada. No turno 41, ela relembra as condições importantes que norteiam o PD, como a capacidade que o barco comporta e o peso das três pessoas.

A contribuição de Natan, ao problematizar (“*então como vai chegar do outro lado?*” – turno 34) foi crucial para provocar mudanças na forma de enfrentar o PD pelos seus colegas. Até

então, as proposições apresentadas por eles estavam orientadas para fora do contexto científico do PD e, por meio dos PPS, em especial deste último, surgiram novas ideias que contribuíram para enquadrar o PD na sua lógica de resolução, esperada pela professora. É exatamente a partir desse momento que os alunos começam a enfrentar o PD, analisando-o sob a lógica científica.

No turno 42 e 44, o aluno Diego imagina uma nova situação e propõe que as duas pessoas de 60 e 65 atravessem juntas. Ele contribui ao analisar o problema didático trazendo os dados, porém não conclui a solução. Preocupada em gerenciar os conflitos na sala de aula, a professora parece não ter escutado muito bem a ideia de Diego, e reformula sua fala de modo diferente daquela proposta pelo aluno. No entanto, Diego imediatamente corrige a professora, demonstrando ter assimilado a contradição presente na fala da mesma, ao dizer: “*não! 60 e 65... porque senão não dá certo!*”. Maria parece complementar o argumento de Diego ao enfatizar que o de 65 deve ir primeiro e não o de 80, como fora reformulado de forma equivocada pela professora no turno 45. As proposições de Diego e Maria levam a professora a formular um novo PPS na cena a seguir e as dificuldades apresentadas pelos alunos de caráter procedimental (relativas ao como resolver o PD) redirecionam as ações da professora, com o intuito de ajudá-los a pensar agora não somente no como solucionar, mas no porquê alguns procedimentos podem ou não ser realizados.

Cena 6: “*Ahã!? Peraí... O de 60 e 65 eles podem ir juntos no barco? [...] Por que?*”

Após a professora entender a ideia proposta por Diego no turno 44, da cena anterior, a mesma procura aprofundá-la com o intuito de levar os alunos à reflexão, ao questionar se as pessoas de 60 e 65 quilos poderiam ir juntas no barco. Esse novo problema colocado pela professora também foi considerado um PPS, pois decorreu da sua necessidade de ensinar, manifestada em forma de *colaboração epistêmica*, ao colocar em teste a hipótese inicialmente explicitada por Diego e corroborada por Maria na cena anterior. Sua intenção era certificar se os alunos estavam conscientes das suas proposições e, por isso, buscou problematizar a ideia, pois a percebeu como potencial problema significador para o PD.

T-48: Professora: **Ahã!? Peraí... O de 60 e 65 eles podem ir juntos no barco?**

T-49: Alunos: Pode!

T-50: Professora: **Por quê?**

T-51: Fabrício: Pode, porque vai dar 125!

T-52: Professora: Vai dar 125 quilos. Aí cabe no barco e vai dar certo? O barco não vai afundar se os dois forem juntos, por que comporta quanto?

T-53: Alunos: 130
T-54: Professora: <u>Quanto que comporta o barco?</u>
T-55: Alunos: 130!
T-56: Professora: 130! Então tá! Vai o de 65 e o de 60...
T-57: Fabrício: Mas não dá o de 80 porque vai dar 14 ((<i>o aluno parece querer dizer 140</i>)). Porque zero mais zero ... [inaudível]

Conforme mencionamos anteriormente, neste fragmento é possível perceber uma nova configuração do PPS apresentada pela professora, pois seu intuito era estimular os alunos a darem explicações causais a respeito do PD, por meio da pergunta “por que”. Carvalho *et al.* (1998) explicam que este tipo de pergunta estimula os alunos a darem explicações sobre as proposições formuladas e, nesse caso, a professora busca saber exatamente o modo de raciocinar dos alunos sobre o problema didático.

No turno 52, a professora também propõe uma nova pergunta ao questionar: “*o barco não vai afundar se os dois forem juntos, por que comporta quanto?*”. Esta pergunta, embora seja importante para complementar o PPS mencionado no turno 48 e 50, não se configurou como tal, pois sua resposta se encontrava na própria formulação do PD, isto é, já era conhecido para os alunos que o barco comportava 130 quilos e por isso não afundaria se as pessoas de 60 e 65 quilos fossem juntas, pois nos turnos 51 e 52 o aluno e a professora já haviam respondido que daria 125 quilos, não ultrapassando a capacidade do barco. Isso também ocorre no turno 54, quando a professora questiona quanto que o barco suporta de peso, o que parece indicar que ela quer se certificar de que todos os alunos estão considerando as condições de contorno que envolvem a resolução do PD. Sendo assim, a mesma colabora para que os alunos tomem consciência das condições envolvidas no problema, porém tais questionamentos dos turnos 52 e 54 não foram considerados PPS, pois os mesmos suscitavam nos alunos uma resposta imediata, a qual era encontrada facilmente no próprio enunciado do PD. Esse exemplo reforça a nossa ideia de que o PPS não significa uma simples pergunta, tampouco é considerado um sinal que provoca no sujeito uma reação imediata, mas sim é um elemento mediador que convoca uma interpretação e tal interpretação deve levar o sujeito a um processo reflexivo e não automático.

Após certificar-se da compreensão dos alunos, a professora contribui ao legitimar a ideia apresentada por Diego e Maria (na cena anterior) de que as pessoas que pesam 65 e 60 devem ir primeiro. Essa legitimação acontece quando a professora afirma, no turno 56: “*então tá! Vai o de 65 e o de 60...*”. Contudo, no turno 57, o aluno Fabrício parece antever uma possível contradição pensada por ele mesmo, ao imaginar a possibilidade da pessoa de 80 quilos ir com o de 60, pois ultrapassaria o peso suportado pelo barco. Com o intuito de aprofundar as discussões, a professora propõe mais um novo PPS na cena a seguir.

Cena 7: “*Eles vão no barco e atravessa o rio, e aí? O que vai acontecer depois?*”

Após a discussão desencadeada pelo PPS sobre a possibilidade de as pessoas de 60 e 65 quilos atravessarem o rio juntas no barco, surge mais um novo problema colocado pela professora, com o intuito de dar continuidade ao raciocínio científico dos alunos em busca da solução do PD: “*Eles vão no barco e atravessa o rio, e aí? O que vai acontecer depois?*”. A professora dessa vez instiga os alunos a pensarem sobre o que vai acontecer depois que essas duas pessoas atravessarem o rio, permitindo, por meio desse PPS, que os alunos reflitam sobre novas possibilidades, sem desconsiderar a ideia já legitimada sobre a primeira ida dos amigos que pesam 60 e 65 quilos irem juntos. A partir de então, começam a pensar que uma dessas pessoas deverá voltar para o outro lado do rio para buscar o amigo de 80 quilos. Isso fica claro no turno 61, quando Diego propõe: “*O de 60 volta para pegar o de 80*”. Embora sua proposição ainda não viabilize a solução do problema didático, pois a soma de ambos ultrapassaria a capacidade do barco, ela foi importante para gerar novas discussões. Vejamos o diálogo abaixo:

T-58: Professora: Não! Mas peraí, vamos pensar por partes. O Diego falou que vai o de 60 e o de 65, tá? **Eles vão no barco e atravessa o rio, e aí? O que vai acontecer depois?**

T-59: Alunos: [inaudível – alunos falam ao mesmo tempo]

T-60: Professora: O pessoal presta atenção!

T-61: Diego: O de 60 volta para pegar o de 80.

T-62: Professora: O de 60 volta...

T-63: Diego: ... pra pegar o de 80.

T-64: Professora: Hã?! ((Diego: Ai vai os dois juntos)).

T-65: Maria: Não... [inaudível]

T-66: Diego: inaudível

T-67: Maria: inaudível

Podemos observar que a não percepção e compreensão de Diego da contradição conceitual presente em sua ideia (no turno 61) leva a professora novamente a sentir necessidade de problematizar a discussão, buscando reformular o PPS apresentado por ela no início desta cena. Esta ação da professora apresenta consonância com o estudo de Mortimer e Machado (2001) ao analisarem os conflitos cognitivos de alunos em aulas de ciências. Os autores apontaram que a percepção de contradições não é algo simples que depende exclusivamente do aluno na sua relação consigo mesmo, ou seja, do seu sistema cognitivo interno. O que assegura tal processo é o movimento discursivo realizado entre alunos e professor, especialmente quando este último traz mudanças no conteúdo das suas enunciações. Cabe ressaltar que as conclusões desses autores derivam dos fundamentos de Vygotsky (2007), que dentre outros aspectos, sinalizou o papel especial da linguagem na percepção, dada a sua

função instrumental para os indivíduos atingirem formas mais complexas da percepção cognitiva.

Cena 8: “*O que vocês acham, ó?! Vai o de 60 ou o de 65? [...] E aí, quem é que volta?*”

Nesta cena 8, a professora reforça novamente o PPS colocado anteriormente na cena 7, no turno 48. Ela parece não ter escutado a fala de Diego e resolve continuar a aula, questionando qual dos dois amigos (60 ou 65 quilos) poderia ir primeiro. A repetição desse PPS parece ter sido usada como estratégia da professora para se certificar e assegurar de que toda a turma estava compartilhando a mesma ideia. No turno 77, a professora retoma novamente o PD, na fala: “*como vai resolver esse problema de atravessar o rio?*”, com o intuito de direcionar o pensamento dos alunos e assegurar a participação dos mesmos na aula. Vejamos o diálogo:

T-68: Professora: O que vocês acham, ó?! Vai o de 60 ou o de 65?
T-69: Aluno NI: [inaudível]
T-70: Professora: Vai para outro lado. E aí, quem é que volta?
T-71: Aluna: O de 60!!!
T-72: Joice: inaudível
T-73: Professora: Como?
T-74: Joice: inaudível
T-75: Professora: O de 60 e o de 65 dá certo? Dá? Hein, Fábio, você concorda?
T-76: Fábio: O quê?
T-77: Professora: Como vai resolver esse problema de atravessar o rio?
T-78: Professora: Tá passando a soma que você fez.
T-79: Fabrício: [inaudível]
T-80: Professora: Espera aí um pouquinho...
T-81: Fábio: Eu fiz: $130 + 60$ deu 190.

Nesta cena, a professora volta a questionar os procedimentos de como devem fazer para resolver a travessia dos três amigos e os alunos discutem entre si os cálculos para ver quem pode ou não atravessar. Ao direcionar-se ao grupo de Fabrício, a professora percebe que o cálculo realizado por ele está errado e o corrige, dizendo: “*tá passando a soma que você fez*” (turno 78). No turno, 81, outro aluno também parece se equivocar no raciocínio utilizado no cálculo matemático, ao imaginar que a solução do PD deve ser realizada somando o peso das pessoas ao peso do barco, sinalizando uma contradição na lógica científica de resolução do PD. Mais uma vez, a professora sente necessidade de problematizar tal contradição com o intuito de fazê-lo tomar consciência da forma equivocada de resolver o problema.

Cena 9: *Nossa! Mas você está somando a capacidade que o barco tem e mais o quê? [...] “Mas dá para fazer assim, atravessar o rio? É a solução? [...] qual é a solução?”*

Ao ouvir a hipótese formulada pelo aluno Fábio, na cena 8, turno 81: “Eu fiz: $130 + 60$ deu 190”, a professora coloca mais um novo problema, qualificado como PPS, no turno 82 e 84, com o intuito de levar o aluno à reflexão sobre sua hipótese, questionando se essa é a forma adequada para pensar na solução do PD. Nesse momento, Diego parece ter dificuldades para imaginar novas ideias que possam ser possíveis de resolver o PD, voltando a pensar com base na lógica cotidiana, ao propor a existência de uma pedra. Sua proposição pode ser evidenciada na fala da própria professora, no turno 88, quando a mesma afirma que a pedra não pode entrar na história do PD. Vejamos o excerto abaixo:

T-82: Professora: **Nossa! Mas você está somando a capacidade que o barco tem e mais o quê?**

T-83: Maria: Ele está somando as pessoas...

T-84: Professora: ...com o que o barco comporta. **Mas dá para fazer assim, atravessar o rio? É a solução?**

T-85: Diego: Não, professora!

T-86: Professora: **Qual é a solução?**

T-87: Diego: inaudível

T-88: Professora: a pedra não pode (entrar na história)

T-89: Alunos: inaudível [*todos falam ao mesmo tempo*].

T-90: Professora: É a vez do Ariel, fala!

T-91: Ariel: [inaudível]

T-92: Professora: E aí Manoel, você não falou nada hoje!

T-93: Manoel: [inaudível] Dois vai... deixa um e pega outro...

Com o intuito de garantir a participação de outros alunos no enfrentamento do PD, a professora colabora pedagogicamente estimulando Ariel e Manoel a falarem, nos turnos 90 e 91. Manoel parece retomar a mesma ideia colocada anteriormente por Diego, no turno 61 da cena 7, quando propõe que duas pessoas atravessassem juntas, sendo que uma retornaria para buscar o outro que ficou esperando do outro lado do rio. Observa-se que a proposta de Manoel não apresenta detalhes, o que favorece a retomada do PPS anteriormente colocado pela professora, com o intuito de fazê-lo aprofundar a sua colocação.

Cena 10: *“Mas quem são os dois que vão?” [...] Tá! O de 60 e o de 65 pode ir e vai dar quanto?” [...] Tá bom, mas e aí, quem é que volta?”*

Em resposta à ideia proposta por Manoel no turno 93, da cena anterior, a professora novamente propõe novos problemas, qualificados como PPS, a fim de organizar o pensamento científico deste aluno. Destacamos nesse momento que os PPS que emergiram nesta cena 10

não são diferentes de alguns daqueles propostos em cenas anteriores, pois a pergunta sobre quem deve atravessar primeiro já havia sido respondida corretamente pelo aluno Diego na cena 7 e legitimada pela professora. Tal fato parece indicar que a retomada desses PPS pela professora pode ter sido oriunda da intenção de auxiliar o aluno Manoel na organização do seu raciocínio, buscando certificar-se de que a ideia do mesmo era coincidente ou coerente com o pensar teórico esperado por ela. Em outras palavras, a *colaboração epistêmica* da professora, neste momento, estava direcionada apenas ao aluno Manoel, conforme podemos observar no diálogo entre os dois no fragmento abaixo:

-
- T-94: Professora: **Mas quem são os dois que vão?**
-
- T-95: Manoel: O de 60 e o de 65.
-
- T-96: Professora: **Tá! O de 60 e o de 65 pode ir e vai dar quanto?**
-
- T-97: Manoel: 125!
-
- T-98: Professora: Aí eles podem ir. **Tá bom, mas e aí, quem é que volta?**
-
- T-99: Manoel: O de 60 pega o de 80.
-

Cena 11: “*E o de 60 com o de 80, eles podem estar no barco os dois? [...] “Então como é que a gente vai fazer?”*”

A partir da ideia proposta por Manoel, no turno 99 da cena anterior, de que a pessoa de 60 retorna para pegar a de 80 quilos, a professora propõe um novo problema, qualificado como PPS, com o objetivo de levar toda a classe a refletir sobre a contradição presente nessa ideia, uma vez que no contexto da lógica científica, seria impossível essas duas pessoas retornarem juntas, pois ultrapassaria o limite máximo de carga do barco. Ao questioná-los, a professora também contribui de forma epistêmica solicitando que os alunos avaliem a hipótese que foi apresentada por Manoel. No turno 101, um aluno reconhece a contradição e explica que tal ideia não daria para ser utilizada, porque a soma dessas duas pessoas (60 e 80) resultaria em 140 quilos, ultrapassando o limite do barco. Vejamos o diálogo:

-
- T-100: Professora: **E o de 60 com o de 80, eles podem estar no barco os dois?**
-
- T-101: Aluna NI: Não vai dá, professora, porque vai dá 140.
-
- T-102: Professora: ... vai dá...?
-
- T-103: Aluna NI: 140.
-
- T-104: Professora: E aí se der 140, Fábio!!! [Aluno: O barco afunda]. O barco afunda. Por quê?
-
- T-105: Maria: Por que não pode passar de 130.
-
- T-106: Professora: Por que não pode passar de 130. [Maria: Já passou 140]. **Então como é que a gente vai fazer?**
-
- T-107: Aluno NI: Difícil
-
- T-108: Maria: Está difícil essa daí. Essa daí a professora arranca [inaudível] e não solta mais...(risos)
-

T-109: Aluno NI: Até a professora não consegue.
T-110: Professora: Até eu não consigo ... (risos) ... É que é a vez de vocês pensarem agora.
T-111: Aluno: Professora, o Fabrício quer falar.
T-112: Professora: Fala Fabrício.
T-113: Fabrício: O que eu pensei não vai dar certo.
T-114: Professora: Mas fala, de repente...
T-115: Fabrício: Se a gente levasse...O 80 levasse o de 65 ou o 60 e o 60 ia buscar o ...

Da mesma forma que Vygotsky (2007, p. 13) mostrou em seus estudos que “quanto mais complexa [for] a ação exigida pela situação e menos direta a sua solução, maior a importância que a fala adquire na operação como um todo”, podemos também dizer que isso remete à possibilidade de surgimento de novos PPS para organizar e direcionar as ações dos alunos em situações, cujo problema didático requer uma solução mediada. Neste caso, os PPS auxiliaram o aluno (turno 101), a perceber a contradição explicitada pelo seu colega, o que reforça a importância desses novos problemas na organização do pensamento científico dos mesmos, indo além das suas experiências prévias. Assim, os PPS, além de mediar as relações entre sujeito e objeto de conhecimento, também dirigem e determinam a trajetória investigativa. Cabe também ressaltar que, aliadas ao PPS, outras ações também são necessárias para o professor levar os alunos ao reconhecimento de suas contradições, tais como: enunciar claramente suas falas/questões; checar nos discursos dos alunos com que sentido as ideias estão sendo utilizadas; dar pistas ou informações adicionais para preencher as lacunas nos entendimentos dos estudantes, enfatizando os pontos centrais do problema e dirigindo a atenção dos mesmos por meio de perguntas (AGUIAR; MORTIMER, 2005).

Desta forma, com o propósito de deixar claro, para toda a classe, a contradição presente na proposição apresentada pelo aluno Manoel na cena anterior, a professora nos turnos 102 e 104 reforça o PPS proposto (no turno 100), complementando-o com as perguntas: “*vai dá...?*” “*O barco afunda. Por quê?*” Embora essas perguntas sejam importantes e recomendadas na abordagem do ensino por investigação, uma vez que a indagação “por que” permite que os alunos busquem formular explicações acerca do fenômeno em estudo (CARVALHO, 2011a), elas não foram consideradas PPS, pois a sua resposta já se encontrava no próprio enunciado do PD. Ou seja, para respondê-la bastaria recuperar na memória a condição de que o barco comporta apenas 130 quilos, o que explica o afundamento do mesmo caso ultrapassasse o peso permitido. Em outras palavras, a causalidade presente na pergunta “por que o barco afunda?” já se encontra respondida no próprio enunciado do PD, ao deixar explícito que o barco comporta apenas 130 quilos.

Dando prosseguimento a análise desta cena, após a discussão sobre a não possibilidade das pessoas de 60 e 80 quilos atravessarem juntas no barco, no turno 106, a professora

complementa o PPS questionando: *“Então como é que a gente vai fazer?”*, com o intuito de estimular os alunos a imaginarem e criarem novas hipóteses, diferentes daquelas até então pensadas e propostas por eles. Neste momento, percebemos que alguns alunos começam a manifestar sensação de insegurança, sentindo-se incapazes de resolverem o PD. Isso pode ser evidenciado nos diálogos apresentados nos turnos 107 ao 109, quando começam a dizer que este problema é difícil e que nem mesmo a professora consegue resolvê-lo.

Cabe ressaltar que, para a perspectiva histórico-cultural, esses conflitos gerados a partir da dificuldade em resolver o problema, nem sempre são ruins. Braga (2010) explica que a colaboração do professor durante o processo de atribuição de sentidos e significados em sala de aula também pressupõe gerar momentos de tensão e conflitos, os quais podem auxiliar no desenvolvimento intelectual dos alunos, ajudando-os a entender que as relações sociais são dramáticas e fazem parte da existência humana. Assim, podemos dizer que as dificuldades encontradas pelos alunos no decorrer do enfrentamento do PD são importantes, pois podem ajudá-los a perceber que, em situações diversas do dia a dia, nem sempre é possível resolver os problemas facilmente. Além disso, podem também contribuir para reduzir a ansiedade dos mesmos, a qual muitas vezes os impede de fazer uma análise cuidadosa do problema, recorrendo à estratégia de solução baseada apenas na tentativa e erro, sem uma reflexão prévia sobre a situação. Porém, ressaltamos que nesses momentos de conflitos e dificuldades é necessário que o professor esteja atento para que os níveis de envolvimento e motivação dos alunos não sejam reduzidos.

Tal preocupação pode ser evidenciada no turno 111, quando a professora percebe a dificuldade dos alunos e procura animá-los. Nesse turno, a professora incentiva o aluno Fabrício a propor sua ideia, mas ele logo percebe a inconsistência da mesma, ao mencionar no turno 113: *“O que eu pensei não vai dar certo”*. Consciente da sua contradição, Fabrício atende à solicitação da professora de participar da aula, mesmo sabendo que a sua ideia a ser proposta seria contrária à lógica científica de resolução do PD, ao imaginar a possibilidade de a pessoa de 80 quilos atravessar junto com a pessoa de 65 ou 60 quilos. Tal proposição apresentada por ele favorece o surgimento de mais um novo PPS, colocado pela professora, conforme podemos ver na cena seguinte.

Cena 12: “*Peraí, o de 80 pode buscar o de 60?*”

Diante da ideia explicitada por Fabrício na cena anterior, a professora propõe um novo problema, qualificado como PPS, com o propósito de levar os alunos a refletirem sobre a hipótese contraditória que, na cena 11, já havia sido refutada. No turno 117, mais uma vez percebemos a insatisfação de Fabrício, ao afirmar que já sabia que sua ideia não daria certo. Isso parece indicar que a contradição já havia sido entendida por ele e o que lhe faltava eram novas pistas para que pudesse avançar na elaboração de novas proposições. Fica claro que a dificuldade apresentada pelos alunos os leva até mesmo a duvidarem da capacidade da professora de saber a resposta, aspecto que pode ser evidenciado no turno 119, quando um aluno diz: “*Professora, ela falou que você não sabe fazer*”.

Nesse contexto, a professora se vê também diante de um dilema, pois, ao reconhecer que os alunos estão com dificuldades de resolver o PD, parece sentir-se um pouco perdida sem saber mais como propor novas colaborações. Essas dificuldades começam a ficar bastante notórias nesta cena, principalmente porque os alunos voltam a refletir o PD sob a lógica cotidiana. Por exemplo, no turno 122, Diego imagina ser possível que o amigo de 60 quilos poderá deixar o barco e empurrar para o amigo de 80 quilos atravessar – ideia que já havia sido apresentada na cena 1 e refutada pela professora. Novamente a professora refuta a proposição deste aluno, afirmando que empurrar o barco não é possível para resolver este problema. Em seguida, no turno 124, a aluna Joice propõe a existência de outro barco para que a pessoa de 80 quilos possa atravessar de forma mais rápida. A professora também refuta esta hipótese e o aluno Diego, no turno 127, retoma a ideia da corda para ajudar nesta travessia. Novamente essas proposições são refutadas pela professora.

Assim, ao perceber que os alunos estão retomando ideias que anteriormente já haviam sido refutadas em outras cenas, a professora, no turno 129, propõe novamente o PD, com a intenção de direcionar o pensamento dos alunos à lógica científica, fazendo-os lembrarem das condições de contorno que envolvem o problema didático, afirmando: “*é o que tem pra hoje: é um barco, 3 pessoas e o rio*”. Mesmo com a retomada do PD, os alunos parecem não saber mais como enfrentá-lo, parecem não querer mais participar da aula, resistindo a colocar suas proposições. Além disso, indicam uma insatisfação em relação às suas ações na atividade, as quais podem ser observadas nos turnos 132 ao 150. Afirmações do tipo: “*está difícil*”, “*eu não sei*”, “*não vai dar certo*” aparecem de forma enfática, o que parece revelar uma desmotivação em relação às tentativas fracassadas de enfrentar o PD. O aluno Fabrício, no turno 153, expõe essa dificuldade ao concluir que “*se o de 60 fosse buscar o de 65, ia dar 125. Aí não ia dar porque o de 65*

não tem como buscar o de 80”. Essa fala parece indicar que o aluno não sabe o que fazer para transportar a pessoa de 80 quilos de um lado a outro do rio, uma vez que todas as proposições anteriormente formuladas por eles e seus colegas já haviam sido refutadas. Vejamos o diálogo abaixo:

T-116:	Professora: Peraí, o de 80 pode buscar o de 60? A gente acabou de conversar ali.
T-117:	Fabício: Então, por isso eu disse que não ia dar certo.
T-118:	Professora: Ah, tá! Mas valeu tentar.
T-119:	Aluno NI: Professora, ela falou que você não sabe fazer
T-120:	Professora: (sorri) E ela sabe? Eu quero saber quem sabe.
T-121:	Alunos: [inaudível]
T-122:	Diego: Professora! [inaudível] ...vai o 65 e de 60 depois ele volta sozinho para pegar o de 80. Aí deixa o barco e empurra pra ele, aí...
T-123:	Professora: Não pode empurrar, lembra? Inaudível
T-124:	Joice: O de 80 pega outro barco correndo...
T-125:	Professora: Também não tem outro barco, só tem um.
T-126:	Aluno NI: Ihhh!
T-127:	Diego: Ele vai na corda.
T-128:	Maria: Não tem corda, não tem pedra, [Professora: não tem corda!], não tem gente, outra pessoa [inaudível].
T-129:	Professora: É o que tem pra hoje: é um barco, 3 pessoas e o rio. Um de 60, um de 80 e um de?
T-130:	Maria: 65
T-131:	Professora: 65. E aí?
T-132:	Maria: Essa é difícil professora.
T-133:	Professora: Pensem aí que eu vou pegar um copo d'água.
T-134:	Alunos: [<i>alunos ficam conversando enquanto a professora busca um copo de água</i>]
T-135:	Alunos NI: Professora! Professora!
T-136:	Professora: E aí? Vamos ver aqui o que a Iara pensou, ó!
T-137:	Iara: [inaudível]
T-138:	Professora: Você não pensou ainda... Então pensa, meu amor. Quem pensou?
T-139:	Vinicius: O Fabrício!
T-140:	Professora: Humn... Fala Fabrício!
T-141:	Fabício: Eu não sei.
T-142:	Aluno NI: Tenta!
T-143:	Professora: Fala! Vamos pensar juntos. Qual é sua ideia?
T-144:	Fabício: Não vai dar certo.
T-145:	Alunos NI: Fala! Tenta! Fala logo!
T-146:	Maria: Fala! Fala! Fala!....
T-147:	Aluno NI: Deixa ele tentar.
T-148:	Professora: Da sua ideia a gente pode ter outra ideia. Peraí
T-149:	Joice: Vai...
T-150:	Maria: Desembucha
T-151:	Fabício: Se o de 60...
T-152:	Professora: Peraí, peraí. Fala
T-153:	Fabício: Se o de 60 fosse buscar o de 65, ia dar 125. Ai não ia dar porque o de 65 não tem como buscar o de 80.
T-154:	Professora: Entendi. Então, esse é o problema. Agora a gente tem que pensar em como é que a gente vai fazer para resolver isso. Fala Isaque
T-155:	Isaque: [inaudível]
T-156:	Professora: Espera aí, olha a ideia do Isaque agora. Hã...
T-157:	Isaque: Tem que tirar o de 80 porque o de 80 não cabe...[inaudível]

T-158: Professora: Sim, mas o de 80 ele precisa ir também. Não é porque ele é gordinho que ele tem que ficar, ele precisa chegar do outro lado, entendeu? Ele precisa ir também, você vai deixar ele lá coitado... [inaudível]. Assim não pode.

T-159: Maria: A não ser que tenha outra pessoa com ele... [inaudível]

T-160: Professora: Mas não tem outra pessoa além dele... ele tem que chegar lá também.

T-161: Diego: Professora!

T-162: Professora: Oi!

T-163: Professora: Ó, o Isaque queria deixar o de 80 quilos lá e ir só os dois, mas não pode, tem que ir os três, tem que chegar do outro lado do rio.

T-164: Professora: Fala Diego!

T-165: Diego: Se o de 80 ... [inaudível]

T-166: Professora: Ó! Escuta aí o Diego

T-167: Diego: Se o de 80 [inaudível] um vai até a metade do rio, deixar o barco pra ele e ele vai ... [inaudível]

T-168: Professora: Lembra que não pode nadar? Tem que chegar no barco. Eles têm que chegar seco do outro lado. Não pode chegar molhado não.

T-169: Ana: O 60 com 65 vai dar 125...

T-170: Professora: Isso... Peraí, ó... Fala, Ana

T-171: Ana: O 60 busca o 65 e aí... [inaudível]

Observamos que este fragmento de falas é composto pelo maior número de turnos (55) em comparação aos diálogos de cenas anteriores e que apenas um único PPS foi mencionado pela professora, evidenciando claramente o dilema vivenciado por ela, ao ter dificuldade de ajudar os alunos. A mesma parece ter esgotado momentaneamente seu repertório de colaboração. Sua dificuldade em realizar novos encaminhamentos e orientações para os alunos, diferentes daqueles já mencionados por ela, pode, talvez, ser explicada pelo fato de não saber mais como propor novos problemas sem que dê a resposta aos alunos. Tal preocupação é coerente com as regras da abordagem investigativa, que é a de não oferecer a resposta para os alunos, mas ajudá-los a encontrá-la a partir de pistas que os levem a utilizar o raciocínio científico. Contudo, essas pistas, consideradas como novos problemas, não são totalmente previstas pelo professor no planejamento da aula, pois dependem dos sentidos atribuídos pelos alunos ao problema didático, os quais se diferenciam de um sujeito para outro. Vygotsky (2009a) já salientava que os indivíduos têm suas singularidades, mesmo quando são criados em um mesmo ambiente, mesmo quando participam de uma mesma situação, porque a forma que assimilam as experiências é distinta, variando sempre de um ser para outro.

Assim, por mais que o professor tenha em mente alguns possíveis PPS que podem emergir durante o enfrentamento de um determinado PD, isso não garante que surjam de igual maneira em todas as classes, porque vai depender do contexto social que os alunos fazem parte, do perfil da turma e das interações e colaborações desencadeadas pelo professor. Por isso afirmamos que essas pistas, ou melhor, os novos problemas surgem das interações e tensões estabelecidas em sala de aula, não são previamente conhecidas pelo professor, daí a dificuldade da professora no encaminhamento de novos PPS.

Diante dessas dificuldades e do dilema enfrentado pela professora ao se preocupar demasiadamente em não dar a resposta para os alunos, ainda assim algumas tentativas para incentivar a participação deles foram realizadas, vejamos alguns exemplos: “*E aí? Vamos ver aqui o que a Iara pensou, ó!*” (turno 136); “*Você não pensou ainda... Então pensa, meu amor. Quem pensou?*” (turno 138); “*Fala! Vamos pensar juntos. Qual é sua ideia?*” (turno 143); “*Da sua ideia a gente pode ter outra ideia*” (turno 148).

A partir desses incentivos, os alunos continuaram a participar, dessa vez, imaginando situações que excluíssem a travessia da pessoa de 80 quilos, já que ela era o principal motivo da dificuldade deles resolverem o PD. Isso pode ser evidenciado no turno 157, quando Isaque propõe deixar a pessoa de 80 quilos sem atravessar, afirmando que este não caberia no barco. A aluna Maria, no turno 159, também complementa a ideia de Isaque e argumenta que se tivesse outra pessoa para ficar com ele talvez poderia ser possível deixá-lo sem atravessar. Novamente a professora refuta a proposta e diz que não dá para fazer desse jeito, pois a pessoa de 80 quilos deve realizar a travessia. Para legitimar a ideia de que todos os amigos devem realizar a travessia, ela diz: “*ó, o Isaque queria deixar o de 80 quilos lá e ir só os dois, mas não pode, tem que ir os três, tem que chegar do outro lado do rio*” (turno 163).

Diante disso, no turno 165 e 167, o aluno Diego imagina ser possível que uma das pessoas atravessasse até a metade do rio para deixar o barco livre para o amigo de 80 quilos atravessar e o outro retornar nadando. Essa proposição se tornou mais sofisticada, porém, no contexto da lógica científica, não resolve o PD. A professora refuta no turno 168 e diz que não pode ir nadando e nem chegar molhado do outro lado do rio. Após essa discussão, a aluna Ana tenta retornar à lógica científica e volta a pensar novamente as possibilidades de travessia, retomando a ideia de os amigos de 60 e 65 atravessarem juntos, pois a soma de seus pesos resultaria em 125 quilos. A partir da sua proposição, a professora problematiza a situação, reformulando o PPS, que já havia sido colocado anteriormente, conforme podemos ver na cena a seguir.

Cena 13: “*E o de 80, como é que faz?*”

Após a proposição da aluna Ana, na cena anterior, a professora reformula o PPS que já havia feito anteriormente: “*e o de 80, como é que faz?*”, com o intuito de levar os alunos a pensarem sobre essa questão, uma vez que aí se encontra o nó do PD. Mais uma vez os alunos buscam imaginar situações no contexto cotidiano, a exemplo do aluno Felipe que, segundo a aluna Maria, pergunta se na história do PD tem a possibilidade de existir uma ponte. A

professora nega a informação e retoma o PD, com o intuito de levá-los a lembrar do contexto em que está situado o problema didático: “*Não! Lembra que tem 1 barco, 3 pessoas e um rio. Estão de um lado e precisam chegar do outro*” (turno 174). Vejamos o diálogo:

T-172: Professora: Sim! **E o de 80, como é que faz?**

T-173: Maria: Ô prô, Felipe tá perguntando se tem ponte...

T-174: Professora: Não! Lembra que tem 1 barco, 3 pessoas e um rio. Estão de um lado e precisam chegar do outro.

T-175: Professora: Fala Ariel!

T-176: Ariel: todos vão no barco...

Constata-se que o fato de simplesmente a professora fazê-los lembrarem do contexto do PD não tem sido suficiente para ajudá-los a formularem novas hipóteses. Isso fica claro quando o aluno Ariel, no turno 176, propõe que todas as pessoas atravessem no barco, sem considerar a capacidade que o mesmo suporta. Além disso, a repetição de PPS não tem propiciado o desenvolvimento de novas formas de pensar, sendo assim, a colaboração da professora, nesse sentido, não tem sido produtiva, visto que os alunos parecem não conseguir mais avançar na análise do PD. Em resposta à ideia do aluno Ariel, expressa no turno 176, de que todos devem ir no barco, a professora coloca um novo PPS na cena a seguir.

Cena 14: “*Todos podem ir no barco, os três? [...] por que? [...] “E os três juntos pesam quanto?”*”

A formulação da hipótese de que todos vão juntos no barco proposta pelo aluno Ariel na cena anterior favoreceu o surgimento de mais um novo problema colocado pela professora, qualificado como PPS, ao questionar, nos turnos 177, 179 e 183 se: “*todos podem ir no barco, os três?*” [...] *por que?*” [...] “*E os três juntos pesam quanto?*”. Outras perguntas também surgiram nesta cena, as quais não se configuraram como PPS, uma vez que as respostas a essas questões já se encontravam na própria formulação do PD, a exemplo daquelas que mencionavam o quanto o barco comporta (turno 181) e se pode colocar 205 quilos no barco (turno 190). Ressaltamos mais uma vez que embora tais perguntas sejam importantes e necessárias para a professora se certificar da compreensão que o aluno está tendo sobre as condições envolvidas no PD, elas, porém, não são consideradas PPS, porque levam a uma resposta imediata que já se encontra posta na própria formulação do problema didático.

T-177: Professora: **Todos podem ir no barco, os três?**

T-178: Alunos: Não!

T-179: Professora: **Por que?**

T-180: Joice: Por causa que dá mais que 130.

T-181: Professora: E o barco comporta apenas?
T-182: Alunos: 130.
T-183: Professora: E os três juntos pesam quanto?
T-184: Alunos: 130. 140...inaudível
T-185: Professora: Quanto que pesa os três juntos?
T-186: Aluno: 140.
T-187: Maria: Tem que armar a conta primeiro [inaudível]...
T-188: Professora: Então faz.
T-189: Aluno: 205.
T-190: Professora: Ah? 205. Pode ir 205 quilos no barco?
T-191: Alunos: Não!
T-192: Aluno NI: 145.

Os PPS mencionados nesta cena levam os alunos a refletirem sobre a proposição do aluno Ariel colocado na cena anterior, de que os três amigos poderiam fazer a travessia juntos no barco. Nesta cena, a professora colabora de forma epistêmica para que os alunos tomem consciência da contradição presente na ideia do aluno Ariel. Ao certificar de que todos haviam entendido que a soma dos três amigos resultaria em 205 quilos e que, portanto, o barco não suportaria tal capacidade, a professora logo em seguida propõe mais um novo PPS na cena a seguir.

Cena 15: “*E aí, como é que a gente vai fazer?*” [...] “*Ó, quem é que pode ir primeiro?*”

Nesta cena 15, a professora propõe um novo problema, qualificado como PPS: “*E aí, como é que a gente vai fazer?*” (turno 193). A partir desse PPS percebe-se novamente a dificuldade dos alunos em apresentar novas ideias para significar o PD. A aluna Joice apresenta um conflito, pois não consegue imaginar outras situações para além daquelas já refutadas, ao questionar: “*Mas, professora, como é que a gente vai saber?*” (turno 194). No turno 198 outra aluna não identificada parece solicitar pistas que a ajudem a solucionar o problema didático, vejamos o diálogo abaixo:

T-193: Professora: E aí, como é que a gente vai fazer?
T-194: Joice: Mas, professora, como é que a gente vai saber?
T-195: Professora: Temos que descobrir...
T-196: Maria: Imagina assim [inaudível] risos...
T-197: Aluno NI: inaudível
T-198: Aluna NI: Vai professora, como [inaudível]
T-199: Maria: Pró, como é que você faz com uma coisa que nem você não sabe?
T-200: Professora: Vamos gente! Pra tudo tem um jeito, vamos tentar?! Pra tudo tem um jeito. Ó, quem é que pode ir primeiro?
T-201: Maria: 65 e 60.

T-202: Professora: Tá bom!
T-203: Ana: Professora! Só que aí o de 80 vai [inaudível]
T-204: Alunos: [inaudível]
T-205: Professora: Hã???
T-206: Ana: 80 busca o 60, depois o 60 busca o 65 [inaudível]
T-207: Professora: Peraí ó, presta atenção aqui no que a Ana falou...
T-208: Ana: 80 busca o 60, depois o 60 busca o 65 [inaudível]
T-209: Aluna NI: mas, 80 mais 60 é 140.
T-210: Professora: Entendeu?
T-211: Ana: inaudível
T-212: Diego: Professora! Professora! [nesse momento a professora está conversando com o grupo da Ana]
T-213: Professora: Fala.
T-214: Diego: Se o de 60 passasse no rio, só o [inaudível]
T-215: Alunos: inaudível
T-216: Maria: A professora conseguiu armar a conta, gente! Tá certo, pró?
T-217: Professora: Sim, sim, eu sei a resposta! Vocês é que estão descobrindo ainda.,
T-218: Alunos: inaudível
T-219: Aluno NI: Não leva o gordinho ou ele faz dieta
T-220: Professora: Não dá tempo dele fazer a dieta...Se ele fizer a dieta, já era, vai anoitecer e não vai dar tempo.
T-221: Alunos: inaudível [todos falam ao mesmo tempo]
T-222: Joice: Ai, ninguém consegue fazer esta conta.
T-223: Alunos: inaudível [todos falam ao mesmo tempo]
T-224: Maria: Prô, dá uma dica pra gente!

Ao perceber o crescente desânimo de alguns alunos ao não conseguirem resolver o PD, nas falas: “Mas, professora, como é que a gente vai saber?” (turno 194); “Pró, como é que você faz com uma coisa que nem você não sabe?” (turno 199), a professora retoma o PPS, já explicitado em cenas anteriores, com o intuito de reorganizar o pensamento deles, qual seja: “Ó, quem é que pode ir primeiro?” (turno 200).

Ao tentar responder esse PPS, no turno 206, a aluna Ana manifesta a ideia contraditória das pessoas de 80 e 60 quilos irem juntas. Observamos que essa discussão já havia sido proposta em cenas anteriores, o que indica que esta aluna parece não ter tomado consciência dessa contradição. Por outro lado, outra aluna evidencia a contradição no pensamento da Ana e refuta a possibilidade das pessoas de 80 e 60 quilos irem juntas no mesmo barco, ao argumentar que: “mas, 80 mais 60 é 140” (turno 209). Diante desse argumento, outro aluno volta a propor que a pessoa de 80 quilos fique sem atravessar o rio, recorrendo a justificativas no plano cotidiano. No turno 219, este aluno manifesta essa ideia contraditória, justificando que para levar a pessoa de 80 quilos, o mesmo deveria fazer uma dieta, pois está acima do peso. Fica claro que este aluno não consegue avançar na análise conceitual do PD, por isso, recorre ao sentido atribuído por ele próximo da realidade cotidiana. Assim, o aluno retorna novamente à lógica cotidiana para analisar o PD e a professora logo em seguida explicita a contradição presente em sua ideia, só que dessa vez não desconsidera a situação cotidiana analisada, pois

parece entrar no universo imaginário deste aluno, ao explicar as condições do PD, inserindo a questão do tempo: “*Não dá tempo dele fazer a dieta...Se ele fizer a dieta, já era, vai anoitecer e não vai dar tempo*” (turno 220).

Fica claro que todo este episódio 2 foi marcado pela existência de uma tensão entre a lógica cotidiana e a lógica científica vivenciada pelos alunos. Isso é bastante compreensível no contexto da perspectiva histórico-cultural, tendo em vista que Vygotsky (2009a, p. 261) já ressaltava em seus estudos sobre formação de conceitos que “o limite que separa ambos os conceitos [cotidianos e científicos] se mostra sumamente fluido, e no curso real do desenvolvimento pode passar infinitas vezes para ambos os lados”. O autor ainda afirma que “o desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro” (p. 261). Vygotsky (2007) também mostrou em seus estudos que a criança ao se deparar com dificuldades ao resolver um determinado problema, especialmente depois de realizar várias ações que a mesmas julgavam ser relevantes para solucioná-lo, recorrem a assistências, colaborações, pistas de outra pessoa. O autor ainda afirma que “o apelo verbal da criança a outra pessoa constitui um esforço para preencher o hiato que a sua atividade apresentou” (p. 18). A solicitação da aluna Maria, no turno 224, exemplifica bem essa questão, quando recorre à professora, dizendo: “*Prô, dá uma dica pra gente!*”. Essa necessidade cognitiva apresentada pela aluna Maria, ao requisitar ajuda da professora, segundo Vygotsky (2007), tem a capacidade de controlar o comportamento do outro, neste caso, da professora, e é por isso, que podemos perceber a grande quantidade de PPS que foram criados pela professora na relação com os seus alunos neste episódio analisado.

Analisando ainda esta última cena, a aluna Joice, no turno 222, ao se deparar com as tentativas fracassadas para resolver o PD, parece sentir-se desanimada ao perceber que ninguém consegue resolvê-lo, sinalizando: “*Ai, ninguém consegue fazer esta conta!*”. Diante dessas dificuldades, a professora procura uma nova estratégia que pudesse ajudá-los, sem que tivesse que oferecer a resposta pronta. No próximo episódio veremos que a criação de uma simulação real do problema didático foi crucial para os alunos chegarem à solução.

5.2.3 Episódio 3: Resolvendo o Problema Didático (PD): a simulação

Neste terceiro episódio apresentaremos como se deu o processo de resolução do PD pelos alunos, após a professora perceber a dificuldade dos mesmos e ter dado oportunidade de discutir outros modos/hipóteses de resolução. Mais uma vez organizamos as interações a partir do surgimento de novos problemas, qualificados como PPS. Este episódio foi dividido

em 6 cenas, as quais representam o momento de surgimento de cada PPS e seus respectivos fragmentos de turnos de falas. De modo análogo ao procedimento analítico realizado no episódio 2, algumas cenas foram organizadas por mais de um PPS devido às suas complementaridades.

A característica principal deste terceiro episódio é o direcionamento da resolução do PD por meio da estratégia de simulação do problema didático utilizada pela professora, o que levou os alunos a terem oportunidades de formularem novas proposições e de pensarem o PD de maneira diferente daquela até então trazida por eles. As tensões vivenciadas pelos alunos ao atribuir sentidos e significados ao PD, levaram a professora a encaminhar o pensamento dos estudantes por meio de uma experiência concreta, em que alguns deles encenariam a história do PD em sala de aula. Esse momento foi muito importante porque ajudou-os a encontrarem a solução, bem como a sistematizarem os conhecimentos envolvidos no PD, o qual envolve reconhecer a possibilidade de o barco fazer várias viagens entre uma margem e outra obedecendo ao limite máximo de carga no barco, neste caso, 130 quilos. Neste episódio, alguns PPS emergiram, principalmente com o intuito de sistematizar o conhecimento dos alunos apreendido nesta atividade.

Cena 1: *“Tá, e aí como é que vai fazer para o de 80 também chegar do outro lado?”*

Em virtude das demandas requeridas pelos alunos sobre pistas e informações adicionais para ajudar na construção da resolução do PD, manifestadas especialmente nas cenas finais do segundo episódio, a professora responde aos alunos apresentando uma dica, ao afirmar que a pessoa de 60 quilos pode atravessar o rio com o amigo de 65 quilos. Em suas palavras, ressalta: *“A gente já sabe que vai dar certo do 60 ir junto com o de 65. Tá bom? Estou dando a dica. A gente já descobriu isso”* (turno 225). Ainda que para a professora essa informação tenha sido considerada uma importante dica, alguns alunos pareciam não muito satisfeitos, visto que esta ideia já era conhecida por eles e já havia sido legitimada pela professora em momentos anteriores. Podemos pensar que esta tentativa de ajudar os alunos parece refletir novamente a dificuldade da professora em trazer novas colaborações, levando-os a uma certa desmotivação. Isso fica claro quando a aluna Maria, em um tom de voz desanimado, intercala sua fala junto com a professora e diz: *“Ah, isso a gente já sabe!”* (turno 225).

Com base na perspectiva histórico-cultural, podemos pensar que a *colaboração* da professora, nesta fala, é improdutiva, pois parece não levar os alunos a um avanço no desenvolvimento de novos processos imaginativos para pensar o PD. Esse esforço

colaborativo parece não incidir na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes, o que parece ter aumentado a desmotivação dos alunos na tarefa, ao perceber que os resultados das suas ações continuavam não sendo satisfatórios (LEONTIEV, 1978). Por outro lado, percebe-se que a professora ao sentir necessidade de incentivar os alunos a manter o envolvimento na tarefa, se vê diante de uma tensão entre não fornecer as respostas prontas e tentar ajudá-los. Isso fica claro quando a mesma, ainda no turno 225, retoma o PPS, já colocado no episódio anterior, na fala: *"Tá, e aí como é que vai fazer para o de 80 também chegar do outro lado?"* e no turno 227, procura motivar a aluna Ana, dizendo: *"Ô Ana, você chegou perto, o que foi que você falou aquela hora...da última vez?..."* Vejamos o diálogo abaixo:

T-225: Professora: Ah? A gente já sabe que vai dar certo do 60 ir junto com o de 65. Tá bom? Estou dando a dica. A gente já descobriu isso... [Maria: Ah, isso a gente já sabe!]. **Tá, e aí como é que vai fazer para o de 80 também chegar do outro lado?**

T-226: Diego: inaudível

T-227: Professora: Ô Ana, você chegou perto, o que foi que você falou aquela hora...da última vez?...

T-228: Alunos: Vai nadando...vai nadando...

T-229: Professora: Peraí!

T-230: Ana: O de 60 vai com o de 65... E depois vai o de 80. [inaudível]

T-231: Professora: Vai os três? Não dá! Afunda o barco.

T-232: Alunos: inaudível

T-233: Professora: Ah? Heim, Ariel!

T-234: Maria: inaudível

T-235: Professora: Vamos fazer assim ó: Faz de conta, que o Rian, vem cá. O Rian é a pessoa... isso.. Ele é o maior então ele é o de 80. Faz de conta que ele. O Hugo é o de 65, levanta. E o Nicolas é o de 60. Os três estão lá do outro lado do rio (encosta lá na parede). Oh! 80, 65 e 60 quilos, tá? Faz de conta que tem um barco aqui vazio, parado na beira do rio.

T-236: Professora: Você senta na cadeira Fabrício e presta atenção.

Em resposta ao PPS colocado pela professora, alguns alunos manifestam novamente contradições ao retomar a questão de os amigos irem nadando, conforme falas apresentadas no turno 228. Eles voltam novamente à lógica cotidiana para analisar o PD e a professora colabora pedagogicamente procurando gerenciar o conflito e pedindo ordem a todos. Contudo, no turno 230, a aluna Ana parece tentar solucionar a questão da ida do amigo de 80 quilos no contexto da lógica científica do PD, pois sugere que: *"O de 60 vai com o de 65... E depois vai o de 80"*. Porém, a professora perde a oportunidade de pedir para aluna explicar melhor sua proposição, tendo em vista que seu raciocínio inicial estava coerente com a lógica científica para analisar o PD. No entanto, a professora infere que a aluna havia pensado na possibilidade de irem os três juntos e refuta logo de imediato a sua ideia. Sua colaboração, neste caso, torna-se novamente improdutivo.

Contudo, ao perceber a crescente dificuldade de os alunos atribuírem novos significados ao PD, no turno 255, a professora muda de estratégia e propõe uma simulação convidando três

alunos para dramatizar o problema em sala de aula. Esta mudança de estratégia foi crucial para ajudá-los a encontrar a solução. O sucesso dessa estratégia pode ser explicado pelo fato de que os alunos do ensino fundamental necessitam de bases mais concretas para resolver um determinado problema didático que exige pensamento abstrato, como é o caso do PD proposto nesta aula. Vygotsky (2009a) destaca que o processo da formação de conceitos, especialmente para a criança, “está vinculado ao material sensorial de cuja percepção e elaboração ele surge” (p. 152), sendo assim, foi preciso que a professora materializasse o problema didático em forma de uma dramatização, para que a situação envolvida no PD fosse mais bem percebida por eles e mais bem analisada. Ainda segundo seus estudos, Vygotsky (2009a) sempre sinalizou que uma criança é capaz de compreender o problema e o objetivo colocado na tarefa de igual maneira que um adulto, porém as formas de pensamento que ela utiliza para solucioná-lo se diferenciam daquelas utilizadas pelo adulto, uma vez que as suas funções mentais superiores encontram-se em processo de desenvolvimento. Daí podemos explicar a dificuldade encontrada pela professora de fazer com que os sentidos atribuídos pelos alunos ao PD se aproximassem daqueles esperados por ela, no contexto da lógica científica. Portanto, a estratégia da simulação concreta do PD garantiu o sucesso da professora e dos alunos nesta atividade investigativa. Vejamos nas cenas seguintes o processo de resolução do PD.

Cena 2: “*Como é que a gente vai atravessar os três pra lá?*” [...] “*Quem é que vai primeiro no barco?*” [...] “*E agora, quem é que vai voltar?*”

Após organizar os três alunos de um lado da sala de aula para representar os três amigos envolvidos na história do PD, a professora inicia a dramatização, questionando-os como farão para atravessar o rio, levando em consideração as condições do PD. Assim, ela retoma alguns PPS, os quais já haviam sido discutidos em cenas do episódio 2, abordando sobre a dinâmica da travessia, ou seja, quem deverá ir no barco primeiro e quem deverá voltar. Vejamos os diálogos abaixo:

T-237: Professora: Aqui oh! É o outro lado do rio. **Como é que a gente vai atravessar os três pra lá?**

T-238: Aluno NI: Vai o de 60 ... [inaudível]

T-239: Professora: Peraí! Peraí! **Quem é que vai primeiro no barco?**

T-240: Natan: Eu!

T-241: Aluno NI: 60!

T-242: Professora: Vamos pôr o de 60 no barco. O de 60 já está no barco. E agora?

T-243: Alunos NI: 65!

T-244: Professora: Poe o de 65, beleza!

T-245: Aluna: Agora leva pra lá [uma aluna indica que a professora tem que levá-los para o outro lado da sala. As crianças que representam os homens de 60 e 65 vão para o outro lado da sala]

T-246: Professora: Ok, o barco leva os dois para o outro lado do rio. Vai lá! Para aí do outro lado do rio.
T-247: Maria: Aí o de 60 vem.
T-248: Professora: E agora, quem é que vai voltar?
T-249: Alunos NI: O de 60
T-250: Professora: Tá! Vem cá! Agora tem aqui... Quanto é que ele pesa mesmo, o Nicolas?
T-251: Fabrício: 60
T-252: Professora: 60. E quanto é que o Rian pesa?
T-253: Alunos NI: 80

Neste momento a professora materializa com os alunos o objeto de conhecimento, neste caso o PD. Essa materialização é organizada pela simulação, em que os alunos são movidos de forma organizada de um lado para o outro da sala de aula, a partir dos momentos em que são questionados sobre quem deverá atravessar primeiro e quem deverá retornar. A possibilidade de visualizar e concretizar o PD parece ajudar os alunos a organizarem o raciocínio científico, superando o desejo e a necessidade de criar ideias ou imaginações fundadas apenas no seu contexto situacional ou cotidiano, fora da lógica científica de resolução do problema. Cabe ainda salientar que o desejo em alavancar o raciocínio científico dos alunos pela professora, por meio da estratégia da simulação, permitiu a presença de PPS, o qual foi desencadeado pela necessidade de ensinar da mesma em resposta às *necessidades cognitivas* requeridas pelos alunos durante o enfrentamento do PD.

Cena 3: “*Eu posso pôr os dois no barco?*” [...] “*Vai acontecer o que?*”

Nesta cena 3 que vai do turno 254 ao 272, a professora retoma mais uma vez um PPS, já discutido no episódio anterior, com o intuito de levar os alunos a refletirem sobre a não possibilidade dos amigos de 60 e 80 quilos atravessarem juntos. Ao questioná-los: “*eu posso pôr os dois no barco?*”; [...] *vai acontecer o que?*”, a professora quer se certificar de que todos estão compreendendo a causalidade da situação imaginada ao pôr o amigo de 60 e 80 quilos juntos no barco. Nesse sentido, a professora contribui ao colocar a hipótese em teste e eles respondem imediatamente que não dá, pois, o barco afunda.

Diante dessa compreensão, o aluno Adriano propõe uma nova ideia e no turno 263 a professora parece gostar da sua proposição, solicitando que a repita, a fim de que todos possam ouvir, vejamos a fala da professora: “*olha que legal aquilo que ele pensou ó! Olha o que que o Adriano falou. Repete bem alto para ver se dá certo isso*”. Em seguida o aluno retoma a sua ideia: “*o de 80 vai. Ai o de 65 volta para pegar o de 60*” (turno 264). Observamos que nesse momento o aluno consegue resolver o PD no contexto da lógica científica. Ele leva em consideração a ideia já então legitimada pela professora e por seus colegas de que as primeiras pessoas a fazerem a

travessia seriam os amigos de 60 e 65 quilos e a partir disso, consegue utilizar o raciocínio para deduzir a dinâmica das travessias.

Ao perceber que o aluno Adriano parece ter encontrado a solução para o PD, a professora contribui ao pedir para que todos avaliem a sua proposição, ao questionar a turma: "*vamos tentar para ver se dá certo?*" (turno 265). Vejamos o fragmento:

T-254: Professora: 80. Eu posso pôr os dois no barco?
T-255: Alunos NI: Não!
T-256: Aluno: Não! Afunda!
T-257: Professora: Vai dá...?
T-258: Alunos NI: 140
T-259: Professora: 140. Vai acontecer o quê?
T-260: Alunos NI: Afunda!
T-261: Professora: Vai afundar...então, não vamos afundar o barco não...
T-262: Adriano: inaudível
T-263: Professora: <u>olha que legal aquilo que ele pensou ó!</u> Olha o que que o Adriano falou. Repete bem alto para ver se dá certo isso.
T-264: Adriano: O de 80 vai. Aí o de 65 volta para pegar o de 60.
T-265: Professora: Vamos tentar para ver se dá certo?
T-266: Alunos NI: Vamos!
T-267: Maria: <u>Aê!!!!</u> [<i>Maria bate palmas comemorando o possível acerto do colega. A aluna parece ter percebido a resolução do problema</i>].
T-268: Professora: Quem é o de 80? Vem cá! Só ele?
T-269: Aluna: Não! E o de 60?
T-270: Alunos: Só ele, só ele!
T-271: Professora: Hã? Não, a ideia é do Adriano, tá?
T-272: Adriano: Só ele.

No turno 267 também é possível observar que a aluna Maria, ao ouvir a proposição do seu colega Adriano, mencionada no turno 264, já percebe a solução do PD e antecipa a comemoração batendo palmas e a professora segue com a discussão organizando a simulação com os três alunos. A professora parece querer se certificar de que o aluno Adriano ao propor a ideia, tomou consciência de que a pessoa de 80 quilos deverá atravessar sozinha, e por isso, abre a discussão para refletir sobre essa condição, questionando-o: "*quem é o de 80? Vem cá! Só ele?*" (turno 268). E o aluno responde: "*só ele*" (turno 272).

Cena 4: "*Ele pode ir sozinho no barco?*"

Após as discussões na cena anterior, a professora propõe um novo problema, qualificado como PPS, com o intuito de certificar-se que, não só o aluno Adriano, mas toda a turma, compreenderam que a pessoa de 80 quilos deveria realizar a sua travessia sozinha no barco. Esse PPS foi fundamental para ajudá-los a superar as limitações presentes em suas ideias

anteriores, pois até então não conseguiam compreender que a resposta ao PD não estava associada apenas a um cálculo independente das condições envolvidas nele, mas também à dinâmica da travessia, em que os amigos de 60 e 65 quilos atravessariam em dupla e o de 80 quilos, individualmente. Com este PPS, a professora contribuiu ao colocar a hipótese em teste, se configurando como uma problematização chave que ajudou os alunos a compreenderem e solucionar o PD. No turno 276, a aluna Maria antecipa a resolução, pois a mesma já havia percebido que o problema já estava solucionado e o aluno Diego atribui sentido à solução. Vejamos o diálogo:

T-273: Professora: Só ele! **Ele pode ir sozinho no barco?**

T-274: Alunos: Pode!

T-275: Professora: Então vamos! Vai! O barco levou o de 80

T-276: Maria: Aí o de 65 vem para buscar o de 60 e leva pra lá!

T-277: Professora: Volta de 65!

T-278: Diego: Ai... Deu certo professora!

Cabe salientar que a professora conseguiu trabalhar muito bem a estratégia da simulação, orientando o pensamento dos alunos, por meio de PPS, sem precisar dar a resposta pronta. Sua preocupação em como dar continuidade à atividade investigativa, mesmo diante das dificuldades apresentadas pelos alunos sem apresentá-lhes a resposta pronta, demonstrou uma apropriação teórica e prática bastante coerente com os pressupostos da abordagem didática de ensino por investigação, tendo em vista o esforço realizado por ela para que os alunos desenvolvessem o pensamento científico, ao analisar o PD. Fica claro, portanto, que para esta professora não bastava apenas que os alunos descobrissem a solução, mas que entendessem o raciocínio presente por trás do problema didático. Isso, porque, no contexto da SEI “Navegação e Meio Ambiente”, a atividade Travessia do Rio (analisada nesta pesquisa) dá início às discussões sobre a flutuação dos corpos, conteúdo este a ser explorado em outras atividades da sequência de ensino. Sendo assim, desenvolver nos alunos a compreensão sobre as relações da distribuição do peso entre as pessoas e a capacidade do barco para resolver o problema da travessia, é fundamental para que a professora consiga dar continuidade às outras atividades previstas nesta SEI.

Cena 5: “*Pode entrar no barco os dois?*”

Nesta cena, que vai do turno 279 ao 290, a professora retoma o PPS já discutido em cenas presentes no episódio 2, questionando aos alunos se os amigos de 60 e 65 quilos podem

entrar no barco juntos. Tal problema se configurou como PPS, porque o mesmo levou os alunos a refletirem novamente sobre proposições já colocadas. Ainda que essa discussão já tenha sido legitimada em momentos anteriores, a professora sente necessidade de certificar se todos os alunos estão compreendendo a mesma ideia, e, para isso, quer se assegurar de que não há mais contradições em seus pensamentos. Entretanto, embora essa discussão pareça não mais fazer sentido para os alunos, uma vez que toda a turma demonstrou claramente ter compreendido a solução do PD, conforme podemos observar a comemoração do êxito das suas ações no turno 282, ainda assim esse questionamento pareceu ter sido importante para a professora ter clareza de que a resolução do problema havia sido compreendida por todos eles, para assim finalizar essa etapa da atividade e prosseguir com novas orientações, as quais, agora, visavam sistematizar o conhecimento apreendido, conforme apresentado no turno 285.

T-279: Professora: **Pode entrar no barco os dois?**

T-280: Alunos: Pode.

T-281: Professora: Então vai!

T-282: Alunos: Aê!!!!!! [*alunos ficam contentes em solucionar o problema que batem palmas – enquanto isso, a professora distribui para cada aluno uma folha de atividade.*]

T-283: Professora: Pronto!

T-284: Alunos: inaudível

T-285: Professora: Então agora vocês receberam uma folhinha (cuidado senão você vai cair) que está escrito assim: nome: Professora M. Vocês vão completar aí com o nome de vocês e responder: “*agora que você já resolveu o desafio da travessia do rio, escreva e desenhe o que você fez para resolver o problema*”, tá?! O que vocês fizeram. O que vocês fizeram para chegar na resposta? Na resposta, o que a gente fez para chegar na resposta? [Diego: eu que dei a primeira dica...] O que é que a gente teve que pensar ali?

T-286: Aluno NI: O de 60 e o de 65... [inaudível] ... aí o outro foi e buscou o de 80. O de 80 foi. Aí veio de 65 e buscou o de 60.

T-287: Professora: Sim, mas o que é que nós fizemos nisso de ficar: 80 mais 60 mais... O que é isso que que a gente fez?

T-288: Aluno: Contas

T-289: Professora: Hã?

T-290: Aluno: Contas.

Assim, no turno 285, a professora inicia a sistematização do conhecimento, solicitando que os alunos escrevam como fizeram para chegar à resposta do PD. O intuito desta atividade é fazê-los registrar, em formato de relato escrito, todas as ações que realizaram e consideraram relevantes durante o enfrentamento e resolução do PD. No turno 286, um aluno relata oralmente a solução e a professora confirma o seu raciocínio, mas pede que ele e seus colegas também registrem em seus cadernos os cálculos que foram necessários para chegar à solução.

Cena 6: *"Por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio? Por quê?" [...] Se a gente tivesse colocado mais de 130 teria acontecido o que? [...] Então porque que não afundou? Por que eles conseguiram atravessar?"*

Para ajudar a organizar o registro escrito dos alunos, a professora propõe mais um novo problema, qualificado como PPS, questionando: *"Por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio? Por quê?"* (turno 291). Os alunos parecem não compreender o PPS colocado pela professora e a mesma o retoma, complementando a pergunta, nos turnos 296 e 298: *"Se a gente tivesse colocado mais de 130 teria acontecido o que? [...] Então porque que não afundou? Por que eles conseguiram atravessar?"*. O seu intuito com esses PPS era certificar se os alunos haviam compreendido o raciocínio lógico por trás do problema, sobretudo a relação entre a necessidade de obedecer ao limite máximo de carga do barco (130 quilos) e a necessidade de distribuir o peso dos três amigos ao longo das viagens.

Embora os alunos não tenham respondido desta maneira, parece que os mesmos entenderam essa relação entre a dinâmica da travessia e a capacidade do barco para resolver o problema didático, principalmente quando a professora questiona o que aconteceria se tivesse colocado mais 130 quilos no barco e uma aluna, no turno 297, responde que teria afundado e que só foi possível atravessar devido ao cálculo que fizeram (turno 299). A consideração dos alunos sobre a dinâmica da travessia como um fator importante para resolver o PD aparece de forma implícita em seus discursos, ao explicar, por exemplo, como solucionaram este desafio. Isso pode ser evidenciado tanto na cena anterior (turno 286), quanto nos diálogos presentes nesse fragmento abaixo, especialmente nos turnos 292 a 294. Ao final da discussão e após certificar-se do entendimento dos alunos, a professora finaliza a atividade solicitando que os mesmos registrem essas conclusões. Vejamos os diálogos abaixo:

T-291: Professora: Nós fizemos cálculos, né? Contas, né? Tivemos que fazer cálculos. E aí porque foi possível... Olha a outra pergunta, Fábio!!! **"Por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio? Por quê?"**

T-292: Maria: Porque o de 80 foi primeiro...[falas ao mesmo tempo...]

T-293: Aluno NI: Não! Primeiro foi o de 65 mais o 60...foram os dois juntos...[inaudível]

T-294: Maria: Primeiro foi o de 60, aí depois o 60 voltou aí pegou e colocou o de 80 no barco e o de 65...

T-295: Professora: Fábio, senta! Fábio, por favor, senta!

T-296: Professora: Então, mas aí, porque que foi possível? **Se a gente tivesse colocado mais de 130 teria acontecido o que?**

T-297: Aluna NI: Afundado

T-298: Professora: **Então porque que não afundou? Por que eles conseguiram atravessar?**

T-299: Aluna NI: Por causa do cálculo

T-300: Professora: Por que a gente calculou? E aí colocou o peso certo e deu para atravessar? Tá! Então responda aí as perguntas. Renan!!!

T-301: Diego: Desenhe! Desenhe!

T-302: Professora: Ah! Desculpa! Desenhe. Desenhe o que você fez! E na de baixo é respondam: por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio? Quem ainda tem dificuldade para escrever desenha também, mas quem consegue escrever... Já dá!

5.3. Discutindo os resultados

Nesta atividade investigativa, foi possível observar o movimento de significação do problema didático a partir de três grandes momentos. O primeiro, explicitado no episódio 1, revelou que o PD, ao ser apresentado pela professora aos alunos, foi transformado em objeto de conhecimento na atividade de ensino. Isto é, esse problema didático deixou de ser mediador de segunda ordem (quando proposto no planejamento da SEI Navegação e Meio Ambiente, conforme as discussões teóricas apresentadas no capítulo 3) e passou a ser o próprio objeto a ser investigado pelos estudantes (quando implementado em sala de aula), tornando-se assim o motivo da atividade. Desta forma, ao tornar-se objeto de conhecimento, o PD teve o potencial de estimular os alunos a agirem, desencadeando ações investigativas que favoreceram a busca do seu entendimento e solução. Observamos que necessidades cognitivas foram criadas nos alunos para enfrentar o problema didático, as quais foram manifestadas ao longo das aulas em forma de ideias imaginativas de caráter contraditório e imaginações coerentes à lógica científica de resolução do PD.

O segundo momento de significação, explicitado no episódio 2, mostrou que o enfrentamento do PD foi essencialmente marcado pelo drama e tensões vivenciadas pelos alunos ao atribuir sentidos e significados. Grande parte das proposições imaginadas por eles estavam enquadradas no contexto de um pensamento situacional, isto é, eles frequentemente recorriam à lógica cotidiana para enfrentar o problema didático, enquanto que a professora se esforçava para que os alunos elaborassem ideias com base na lógica científica. Os PPS emergiram, portanto, dessa tensão, sendo criados pelos alunos e/ou pela professora e retomados, quando necessários, ao longo da atividade. Ao analisar esta atividade desenvolvida com a mesma professora e a mesma turma, Raboni (2013) sinalizou que essas soluções não formais propostas pelos alunos parecem ter servido como uma “preparação do terreno” para a construção do problema na lógica científica. O autor defende que os problemas propostos em aulas investigativas são construídos coletivamente em sala de aula, aspecto que corrobora com as nossas discussões sobre o surgimento de novos problemas para significar o PD.

Nesse segundo momento de significação do PD foram formando universos discursivos coletivamente partilhados e orientados e os alunos e a professora encontravam-se inseridos

numa trama dinâmica, envolvida por conflitos e contradições de pensamentos. Smolka (2004) explica que são essas significações produzidas na trama experienciada nas relações com os outros que constituem o drama vivenciado em sala de aula. A autora argumenta que o drama é repleto de luta interna que ocorre por meio das relações sociais e emerge do fato de que a relação social consigo mesmo implica múltiplas experiências, imagens, histórias, assim como implica múltiplas vozes, valores, interesses, motivos e sentimentos. Com base nessa discussão, podemos compreender a diversidade de sentidos referentes ao problema didático que foram atribuídos pelos alunos a partir das suas experiências e relações sociais construídas, tais como: fazer um dos amigos atravessar o rio sozinho e empurrar o barco de volta para que os outros pudessem atravessar; propor que atravessassem nadando; incluir mais uma pessoa no cenário do problema para ajudar na travessia dos três amigos; colocar o gordinho (pessoa de 80 quilos) para emagrecer, entre outros.

O processo de significação do problema implica à representação, mas não se esgota nela. A representação como possibilidade de formar imagens, ideias, pensamentos, funciona em um nível individual, dependente das relações pessoais, na trama das significações (SMOLKA, 2004). Assim, podemos dizer que essa formação de imagens também é afetada e permeada pelos diferentes sentidos socialmente construídos em sala de aula e o PPS, como aquilo que se produziu da trama dessas relações entre alunos e a professora, age, repercute e reverbera nos sujeitos, afetando as suas ações ao enfrentar o PD.

É a partir desse processo que os PPS vão se produzindo durante a aula investigativa resultantes das relações na classe e dos modos de vida em interação. Eles se encontram fundados no diálogo, não se apresentando de forma estática ou definitiva; é sempre relacional, flexível, se produz num espaço dinâmico de interpretações. É sempre na relação e na tensão entre os sujeitos que o PPS se produz como tal; sendo assim, ele funda-se tanto na homogeneidade de ideias quanto na heterogeneidade.

Ainda no episódio 2 foi possível observar que os alunos avaliavam as suas ações e a dos seus colegas por meio de PPS e, durante este processo, confrontos de posições revelaram-se como fonte de conflitos, os quais estimularam a busca de novos meios que permitissem resolver o problema didático. Além disso, houve momentos de dificuldades enfrentados por eles na busca da resolução do PD e, em consequência disso, seus níveis de interesse na concretização da tarefa pareciam, em alguns momentos, reduzidos, devido ao fracasso de suas proposições. Na tentativa de ajudá-los, a professora buscou retomar alguns PPS que já haviam sido propostos, sendo que um desses, especialmente aquele explicitado na cena 15, não ajudou os estudantes a refletirem e pensarem o problema didático de maneira diferente. Diante disso, podemos dizer que os PPS podem servir como uma excelente ferramenta pedagógica para o

professor orientar o processo de significação, desde que as contribuições sejam produtivas e compreendidas pelos alunos.

Observamos também que os PPS se manifestaram nesta aula por meio de perguntas problematizadoras, no sentido apresentado por Capecchi (2013). De acordo com Machado (2012), as perguntas são fundamentais em aulas investigativas, uma vez que são elas que conduzem a significação em sala de aula. Para ele, as questões colocadas pelo professor orientam a construção de ideias e entendimentos dos alunos sobre o problema, conduzindo a solução por meio de procedimentos investigativos. No entanto, salientamos que todos os problemas podem conter perguntas, mas nem toda pergunta é um problema (GEHLEN *et al.*, 2007). Desta forma, perguntas retóricas (que não têm a intenção de serem respondidas), bem como aquelas, cujas respostas já se encontram no próprio enunciado do problema didático, não se configuraram, nesse estudo, como potenciais problemas significadores, pois a nosso ver não explicitam/geram conflito para que os alunos pensem e reflitam sobre o objeto que está sendo estudado.

Já no terceiro e último momento de significação do PD, explicitado no episódio 3, observamos o redirecionamento da resolução do PD por meio de uma nova estratégia didática criada pela professora. As dificuldades vivenciadas pelos alunos ao atribuir novos sentidos e significados ao PD, levaram a mesma a encaminhar o pensamento dos alunos por meio de uma experiência concreta, em que três estudantes foram convidados a encenar a história do PD em sala de aula. Esse momento foi importante, porque ajudou-os a encontrar a solução, bem como a sistematizar o raciocínio científico presente neste problema, o qual envolve reconhecer a possibilidade de o barco fazer várias viagens entre uma margem e outra obedecendo ao limite máximo de carga no barco, neste caso, 130 quilos. Neste episódio, alguns PPS emergiram e outros foram retomados, principalmente com o intuito de garantir a compreensão de todos e a sistematização do conhecimento apreendidos com esta atividade.

Sobre esta questão do uso recorrente de retomadas de PPS, pela professora, os quais já haviam sido colocados em cenas anteriores, também foi constatada por Freiberg (2015), em sua pesquisa de mestrado, ao analisar as diferentes mediações utilizadas pela mesma professora nessa mesma atividade investigativa. A autora argumenta que as ações mediadoras para promover a investigação são norteadas pelas necessidades que o problema apresenta, bem como às necessidades da turma, razão que explica o constante aparecimento de retomada de questões pela professora. A autora ainda explica que essas necessidades emergem da relação triádica entre alunos-problema-professora, aspecto que apresenta consonância com as nossas discussões sobre o papel que os novos problemas assumem, durante a implementação de uma

SEI, como mediador de segunda ordem e como mediador das relações entre sujeitos (aluno e professor) e entre sujeitos e objeto de conhecimento.

Todavia, argumentamos a favor da ideia de que os novos problemas qualificados como PPS não devem ser concebidos apenas como uma ferramenta pedagógica, cumprindo o papel de mediador de segunda ordem emergente da relação entre sujeitos (aluno-professor) e objeto de conhecimento (problema didático), mas também como uma ferramenta analítica de caráter flexível e reflexivo que pode auxiliar na análise da significação do PD. Os PPS, portanto, podem servir tanto para auxiliar o professor a perceber quais são os sentidos atribuídos pelos alunos e de que maneira tais sentidos podem ser transformados e auxiliar os alunos a refletir sobre o PD, como também pode servir para ajudar professores e pesquisadores a analisar a qualidade do processo de significação do problema didático em aulas investigativas.

Afirmamos que os PPS sintetizam os sentidos produzidos pelos sujeitos a partir das articulações das múltiplas percepções, sensações, emoções que se constituem no jogo das condições envolvidas no problema didática, das experiências dos sujeitos, suas posturas e principalmente das decisões da professora, uma vez é dela a autoridade epistêmica e social em sala de aula. Os PPS, portanto, vão se constituindo numa certa lógica de produção, coletivamente orientada e organizada pela professora e nesse movimento de significação, determinados sentidos são colocados como “verdadeiros”, se impondo em relação a outros, uma vez que a ação da professora está voltada para o ensino de determinados conhecimentos científicos que estão para além daqueles produzidos no cotidiano.

Em síntese, percebemos que durante o processo de significação da atividade “Travessia do rio” os alunos percorreram a um campo amplo de significações para dar sentido ao problema, enfrentando tensões entre o pensamento cotidiano e o científico, as quais foram essenciais para a emergência de PPS. Além disso, podemos afirmar que este problema didático analisado apresentou-se bastante coerente com a zona de desenvolvimento proximal dos alunos do 3º ano do ensino fundamental, tendo em vista que o seu enfrentamento e resolução dependeu de processos colaborativos da professora. Neste caso, compreendemos que este PD tornou-se, de fato, um problema para os alunos, pois a sua resolução demandou esforços cognitivos diferentes daqueles que são facilmente solucionados por ações imediatas, sem apoio e colaboração do professor.

Ficou claro também que as interações verbais entre os sujeitos (alunos e professora) ajudaram a ajustar o significado dentro de um campo vasto de sentidos pessoais e o papel da professora no direcionamento desses sentidos foi essencial, visto que o seu propósito é de ensinar os alunos a pensar cientificamente e não de deixá-los “totalmente” livres para conduzir o problema didático da forma como desejarem. Na perspectiva histórico-cultural, o

direcionamento das ações dos alunos pelo professor é fundamental e caso isso não tivesse acontecido os alunos poderiam até resolver o PD utilizando suas ideias pautadas no pensamento cotidiano, mas possivelmente, não teriam desenvolvido novas funções mentais superiores, isto é, novas formas de pensar para além daquelas cotidianamente aprendidas em situações que não exigem reflexões sofisticadas.

Ensinar, portanto, é um trabalho de significação por excelência, o qual implica variadas ações, nas formas de refletir e conceituar, que ajudam a orientar os olhares dos estudantes sobre o objeto de estudo (SMOLKA, 2004). E no contexto de atividades investigativas, o surgimento de PPS se faz necessário, pois altera a relação que os estudantes estabelecem com o PD, tornando-se assim um elemento constitutivo da significação. A significação, na visão de Vygotsky (2007), deve ser entendida como atividade humana e como prática social e o seu processo pode ser pensado figurativamente em forma de redes ou teias de significações (SMOLKA, 2004). Sendo assim, organizamos uma Rede de PPS (ver Figura 9) que sintetizam essa teia de significações que emergiram durante o enfrentamento e resolução do PD.

Figura 9: Rede de PPS que emergiram no decorrer da atividade Travessia do Rio para significar o PD.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo buscamos investigar o movimento de significação de problemas na abordagem didática do ensino por investigação, a partir das contribuições da perspectiva histórico-cultural. Para alcançar tal objetivo intentamos responder às seguintes questões de pesquisa: *Qual noção de problema é apresentada na Abordagem Didática do Ensino por Investigação? Que tipo de papel e função esses problemas exercem na estruturação e desenvolvimento de aulas investigativas e como estes se articulam às discussões vygotskianas? De que forma podemos analisar a qualidade e o movimento de significação desses problemas? Como ocorre o movimento de significação de problemas em aulas investigativas?* Cabe ressaltar que as três primeiras questões foram respondidas a partir de análises teóricas, sendo que a última foi respondida a partir de articulações entre as proposições teóricas e a análise empírica.

Antes de apresentarmos respostas a essas questões, consideramos relevante mencionar que utilizamos a perspectiva histórico-cultural, especialmente os estudos fundamentados em Vygotsky, tais como os de Gehlen (2009) e Gehlen e Delizoicov (2011), para compreender, primeiramente, a dimensão pedagógica de problemas mediadores de segunda ordem utilizados em aulas de ciências, isto é, problemas conceituais, cujo critério de seleção pauta-se em temas ou conteúdos de ciências. Nessa perspectiva, identificamos e discutimos alguns elementos que podem ajudar a potencializar o processo de significação de problemas conceituais em propostas de ensino, sobretudo aquelas que buscam alfabetizar cientificamente os alunos. Esses elementos foram denominados de *elementos significadores*, quais sejam: necessidades, contradições, colaborações e imaginações.

A partir dessas contribuições vygotskianas e do estudo do problema na abordagem didática do ensino por investigação foi possível constatar os seguintes resultados teóricos: i) a noção de problema nessa abordagem de ensino encontra-se situada na perspectiva da Alfabetização Científica (SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2008), em que os sujeitos ao investigarem e resolverem problemas referentes a temas diversificados de ciências, se alfabetizam cientificamente; ii) também evidenciamos que o papel e função do problema na estruturação e implementação de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), pode se apresentar de duas formas, quais sejam: os *problemas didáticos* que são elaborados previamente pelo professor para serem trabalhados em sala de aula, cujo critério de seleção é conceitual e os *novos problemas* que surgem no decorrer da implementação da atividade, isto é, emergem das interações entre aluno-aluno e aluno-professor. Desta forma, ao analisarmos o problema

didático na estruturação de uma SEI, verificamos que o seu papel é de *mediador de segunda ordem* colocado na relação sujeito-objeto, pois serve como recurso motivador para desenvolver a conceituação científica e, conseqüentemente, o raciocínio científico dos alunos. Por outro lado, quando analisado na implementação de uma SEI, o problema didático muda de papel, pois passa a configurar-se como o próprio objeto de conhecimento. Nesse caso, são os novos problemas que passam agora a ter o papel de *mediadores de segunda ordem*, colocado na relação entre sujeito-problema didático; iii) argumentamos que esses novos problemas podem ser potencializados pelos *elementos significadores* de Vygotsky, passando a assumir a qualidade de *Potenciais Problemas Significadores* (PPS), cuja função principal seja a de significar os *problemas didáticos*. Assim, tomamos os PPS na sua relação com os elementos significadores como uma ferramenta pedagógica (pois medeia as relações entre alunos e o professor, bem como medeia as relações entre sujeitos e o problema didático) e como uma ferramenta analítica (pois possibilita que o professor e o pesquisador analisem a qualidade e o movimento de significação do PD, investigando como os alunos na relação com o professor vão produzindo novos sentidos e como se apropriam de significados relacionados ao *problema didático*, objeto de estudo da atividade investigativa).

De posse dessas articulações teórico-metodológicas sobre a noção de problema na abordagem didática de ensino por investigação, buscamos responder à questão empírica dessa pesquisa analisando como os alunos do 3º ano do ensino fundamental significavam um determinado *problema didático* proposto pela professora. A atividade analisada denominada, Travessia do Rio, foi implementada no ano de 2012 em uma escola municipal de São Paulo-SP. Esta aula foi videogravada e os dados foram transcritos (turno a turno) e analisados na íntegra, a partir de 3 episódios: 1: Apresentando o Problema Didático; 2: Enfrentando o Problema Didático: tensões entre a lógica cotidiana e a lógica científica; 3: Resolvendo o Problema Didático: a simulação.

Dentre os resultados empíricos, constatamos que o movimento de significação do problema didático ocorreu em três grandes momentos. O primeiro foi marcado pela transformação da função mediadora do PD em objeto de conhecimento, tornando-se o *motivo* da atividade. Nesse momento, o elemento significador *necessidade* emerge aliado ao PD. A necessidade cognitiva desencadeada nos alunos para enfrentar e resolver o PD foi manifestada ao longo da aula em forma de criações imaginativas presentes nas ideias dos estudantes, bem como ações colaborativas entre alunos e a professora.

O segundo momento foi marcado pelas tensões vivenciadas pelos estudantes e pela professora ao enfrentar o problema didático. Neste momento, contradições de ideias surgiram a partir das hipóteses imaginadas pelos alunos para resolver o PD, sendo que uma

boa parte dessas proposições elaboradas por eles se enquadravam no contexto de um pensamento situacional, pois utilizavam da lógica cotidiana para enfrentar o problema didático, enquanto que a professora colaborava de forma pedagógica e epistêmica para que os alunos elaborassem ideias com base na lógica científica. Essas contradições conceituais que surgiam a partir dos sentidos dos alunos impulsionaram a criação de novos problemas, qualificados como PPS, os quais os ajudaram a ampliar o repertório de significação do PD, a partir de análises reflexivas sobre o mesmo. Os novos problemas, portanto, apresentados tanto pelos alunos quanto pela professora, assumiam também a função de colaboração, a qual poderia se apresentar de forma produtiva e improdutiva. Em grande parte da aula as colaborações fomentadas pelos PPS foram produtivas, levando os alunos a formular e comunicar novas ideias, bem como avaliar suas ações e as dos seus colegas. Durante a avaliação, confrontos de posições revelaram-se como fonte de conflitos, que estimularam a busca de novos meios que permitissem resolver o problema, sendo assim, tais conflitos e crises decorrentes das interações entre os sujeitos revelaram-se como partes integrantes do processo de significação. Quanto às colaborações improdutivas, percebemos que nos momentos finais da aula alguns PPS apresentados pela professora não mais ajudaram os alunos a imaginar novas situações, levando os mesmos ao esgotamento de suas formas de pensar e representar o PD. Diante disso, podemos dizer que os PPS podem servir como uma excelente ferramenta pedagógica, desde que as contribuições sejam produtivas para os alunos.

O terceiro e último momento de significação do PD foi marcado pela sua resolução a partir de uma nova estratégia utilizada pela professora. Diante das tensões vivenciadas pelos alunos e de suas necessidades cognitivas de receberem novas pistas e colaborações produtivas, a professora improvisou uma dramatização com os alunos, simulando as possíveis travessias que poderiam ser realizadas pelos três sujeitos de pesos diferentes envolvidos na situação do PD. Foi a partir da materialização deste problema didático simulado pelos alunos que os estudantes alcançaram a solução. Ressaltamos que embora a dramatização tenha sido a estratégia principal para levar os alunos à resolução do PD, entendemos que o processo de significação não implica apenas em alcançar a solução do mesmo, embora este momento seja considerado pelos alunos como o grande trunfo da atividade. O que pretendemos dizer com isso é que o processo de enfrentamento do problema é tão importante quanto à sua solução, pois é nesse momento que os alunos aprendem a refletir, a imaginar situações para além das suas experiências prévias, a negociar significados com seus colegas e com a professora, a lidar com as tensões e dificuldades, a respeitar as ideias alheias, entre outros. Além disso, o enfrentamento do PD também serve como momento de aprendizagem para o professor,

principalmente para perceber suas limitações de ensino e tentar superá-las. Deste modo, compreende-se que para investigar o processo de significação de problemas didáticos em aulas investigativas é necessário não somente analisarmos os conhecimentos apreendidos pelos alunos ao resolverem um problema, mas também conhecermos as condições de emergência da significação, bem como seus modos de elaboração e sustentação (SMOLKA, 2004), daí a importância da análise dos processos de enfrentamento e resolução do PD, por meio de PPS.

Nesse estudo, ao considerarmos os PPS como modos de elaboração e sustentação da significação de problemas didáticos em aulas investigativas nos permitiu compreender que a atribuição de sentidos e significados ao PD pode perpassar aspectos que não dependem apenas da observação, manipulação, registro, análise de dados e conclusões, mas também de elementos que perpassam a subjetividade dos sujeitos envolvidos, aí incluídas suas experiências passadas, além de perspectivas presentes e futuras, que são contextualizadas no jogo de papéis e negociações entre alunos e a professora. E é a tensão entre os sentidos dos alunos, na relação com os sentidos do professor, que evoca o drama, os conflitos, as contradições, as dificuldades, as ações colaborativas e novas imaginações e criatividade, compondo uma rede de significações.

Assim, podemos confirmar a nossa hipótese inicial de que o problema comumente formulado em aulas investigativas de ciências por si só não garante a atribuição de sentidos e significados pelos alunos. É necessário que o mesmo seja negociado entre os sujeitos de modo a explicitar as contradições conceituais presentes nele, a partir das necessidades e vivências dos estudantes. Além disso, argumentamos a favor de que o movimento de significação do problema em aulas investigativas depende não somente da relação que os alunos estabelecem com o problema, mas também da relação que o professor estabelece com este objeto de conhecimento, bem como aos objetivos que ele pretende alcançar com aquela atividade.

Fica claro também que o processo de significação do problema não ocorre apenas pela atribuição aleatória de sentidos dos alunos ao PD, mas sim pela relação entre tais sentidos e as normas estabelecidas socialmente em sala de aula. Em outras palavras, os sentidos apresentados pelos alunos (comumente situados no contexto cotidiano) vão se redefinindo e se redirecionando pelo professor, cujo propósito é encaminhá-los à formalização do pensamento científico. Assim, os sentidos atribuídos pelos alunos devem ser encaminhados em direção aos sentidos atribuídos pelo professor, que representa a autoridade epistêmica em sala de aula. Com base nesse entendimento, a legitimação das ideias dos alunos ocorre na prática social de investigação, regida por normas sociais, cujo o conhecimento científico é considerado norteador dos sentidos produzidos em sala de aula.

Cabe ainda sinalizar que os PPS não surgem aleatoriamente, mas sim no contexto de uma atividade de ensino planejada com ações e objetivos bem definidos que levem os estudantes ao desenvolvimento do pensamento científico. Propostas didáticas que objetivam alfabetizar cientificamente os alunos a partir de aulas que valorizam as interações discursivas são propícias ao desenvolvimento de PPS, a exemplo da abordagem didática do ensino por investigação. Além disso, PPS surgem no contexto de uma atividade de ensino que tenha como núcleo central um PD bem estruturado, situado na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes. Desta forma, não basta criarmos um ambiente de aprendizagem interativa, é necessário que durante o planejamento e estruturação da atividade de ensino, levemos em consideração a qualidade do PD formulado, certificando que este problema não seja apenas um simples exercício, que pode ser resolvido a partir de estratégias e conhecimentos já apropriados pelos alunos. Isso quer dizer que se o PD formulado não for estruturado levando em consideração o nível de desenvolvimento proximal dos estudantes, podendo ser enfrentado e resolvido com ajuda, apoio e colaboração do professor e colegas, este, certamente, não desencadeará o surgimento de PPS.

A partir dessas discussões, podemos ainda afirmar que as contribuições da dimensão pedagógica do problema fundamentados na perspectiva histórico-cultural foram importantes para ressignificar a noção de problemas mediadores de segunda ordem comumente proposta em abordagens conceituais de ensino de ciências, possibilitando ir além da sua instrumentação no desenvolvimento da conceituação científica. Aspectos que envolvem a humanização, do ponto de vista de Vygotsky, podem ser articulados a esses problemas, a partir do conjunto de relações existentes entre as necessidades, contradições, colaborações e imaginações. No contexto da abordagem didática do ensino por investigação, apresentamos um possível caminho por meio dos PPS, cuja função é tornar os problemas didáticos próximos de uma prática social significativa para os alunos investigarem.

Assim, defendemos nesse estudo que os problemas didáticos presentes nas Sequências de Ensino Investigativas (SEI), embora sejam distintos daqueles pensados por Vygotsky, uma vez que o seu critério de seleção pauta-se em problemas reais, imersos na realidade sociocultural dos estudantes (GEHLEN, 2009), podem apresentar aspectos que envolvem a humanização, desde que diferentes PPS emergjam a partir das tensões provocadas entre os sentidos atribuídos pelos sujeitos ao problema em estudo. Argumentamos que a qualidade do enfrentamento e solução do problema nas atividades investigativas podem ser explicadas pelos meios utilizados pelo professor e pelos alunos, que neste caso, os consideramos como os *novos problemas* que surgem a partir das interações e tensões vivenciadas por eles. Neste caso, os

novos problemas, qualificados como PPS, passam a ter a função de orientar o pensamento do aluno, sendo introduzidos gradualmente a cada tentativa empreendida pelos estudantes ao enfrentarem o problema didático. A aquisição de sentido por meio dos PPS é o produto de uma atividade intensa e complexa, da qual professora e alunos constroem por meio das interações em sala de aula.

Coerente com as ideias apresentadas neste trabalho, não poderíamos deixar de mencionar os novos problemas que surgiram em decorrência desse estudo, os quais, de antemão, qualificamos como PPS, porque emergiram em meio às tensões, reflexões, contradições, processos criativos e colaborativos vivenciados pela pesquisadora, juntamente com o seu grupo de pesquisa, durante a sua trajetória neste doutorado. Dentre eles, podemos destacar: *Que tipo de contribuição os PPS podem oferecer como ferramenta pedagógica para o desenvolvimento da argumentação crítica dos alunos? É possível evidenciar PPS em aulas de ciências que não trabalham com a abordagem do ensino por investigação? Que semelhanças ou diferenças de PPS haveriam entre essas propostas?* Esperamos que tais problemas colaborem produtivamente no direcionamento de novas pesquisas que se interessam em aprofundar as discussões iniciadas aqui sobre o processo de significação na abordagem didática do ensino por investigação.

Referências⁴³:

AFONSO, A. M. *Alfabetização Científica dos alunos e as ações do professor que corroboram com este processo*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2011.

AGUIAR, JR, O. G.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, 2005, pp. 179-207.

ALMEIDA, L. M. W.; BRITO, D. S. Atividades de modelagem matemática: que sentido os alunos podem lhe atribuir? *Revista Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 483-498, 2005.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? *Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, 2001, pp.1-13.

AULER, D. *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciência*. Tese. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino de Ciências por Investigação: problematizando as atividades de sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Unindo a Pesquisa e a Prática*, São Paulo: Editora Thomson, 2004.

AZEVEDO, M. N. *Mediação discursiva em aulas de ciências, motivos e sentidos no desenvolvimento profissional docente*. 2013. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2013.

BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico*. 1ª ed. (7ª imp.), Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOSA-LIMA; M. C.; CARVALHO, A. M. P. Comprovando a necessidade dos problemas. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Lindóia. *Atas do VIII EPEF*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002. v. 1. p. 1-15. Disponível em < http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/viii/PDFs/COCD4_2.pdf > Acesso em 03.09.2015.

BARRELO JÚNIOR, N. *Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) Faculdade de Educação da USP, São Paulo/SP, 2010.

BERBEL, N. N. (org.). *Metodologia da problematização: fundamentos e aplicações*. Londrina: INEP/Ed. UEL, 1999.

BERLAND, L. K; HAMMER, D. Framing for scientific argumentation. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n.1, 2012, p. 68-94.

⁴³ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BEVINS, S.; PRICE, G. Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, vol. 38, n. 1, 2016, p. 17-29.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. Características da investigação qualitativa. In: *Investigação qualitativa em educação: fundamentos, métodos e técnicas*. Portugal: Porto Editora, 1994.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, SC, v. 19, n. 3, 2002, p. 291-313. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> Acesso em 02.05.2014

BRAGA, E. S. Tensões eu/outro: na memória, no sujeito, na escola. In: SMOLKA, A. L. B.; NOGUEIRA, A. L. H. (orgs.) *Questões de desenvolvimento humano: práticas e sentidos*. Campinas: Mercado de Letras. 2010. p. 151-170.

BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica* / Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Curricular Comum*. Proposta preliminar: segunda versão revista / Ministério da Educação. Brasília: MEC, CONSED, UNDIME, 2016.

CAPECCHI, M. C. V. M. *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física*. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2004.

CAPECCHI, M. C. V. M. Problematização no Ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (orgs.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 171-189, 2000. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID63/v5_n3_a2000.pdf> Acesso em 30.08.2014.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1(49). 2006. Disponível em <http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/49_dossie_capecchimcvm_et al.pdf> Acesso em 04.06.2015.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas – SEIS: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A. (orgs.) *Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas*. Curitiba: Editora CRV, 2012.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. *Ensino em Re-Vista*, v.22, n.2, 2015, p.249-266. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34452/18275>> Acesso em 31.08.2016.

CARVALHO, A. M. P.; SANTOS, E. I.; AZEVEDO, M. C. P. S.; DATE, M. P. S.; FUJII, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. *Calor e Temperatura: um ensino por investigação*. 1ª. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (orgs.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In: LONGHINI, M. D. (org). *O uno e o diverso na educação*. Uberlândia, MG: EDUFU, 2011a.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F.M. T.; GRECA, I, M. (orgs.). *A Pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 2 ed. ver. Ijuí: Unijuí, 2011b.

CARVALHO, A. M. P.; OLIVEIRA, C.; SASSERON, L. H.; SEDANO, L.; BATISTONI, M. *Investigar e Aprender: ciências (coleção)*. 4º ano. São Paulo: Sarandi, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: QUINTANILLA, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (Orgs.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos y propuestas*. v.1. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica do Chile, 2006, pp. 73-90.

CHAIKLIN, S. A zona de desenvolvimento próximo na análise de Vigotski sobre aprendizagem e ensino. Trad. Juliana C. Pasqualini. *Psicologia em Estudo*, Maringá, v. 16, n. 4, 2011, pp. 659-675. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pe/v16n4/a16v16n4.pdf> > Acesso em 04.09.2015.

CLAXTON, G. School as an epistemic apprenticeship: the case of building learning power/La escuela como aprendizaje epistémico: el caso de construyendo el poder para el aprendizaje. *Journal for the Study of Education and Development*, v. 32, n. 2, 2014, pp. 227-247.

CLEMENT, L. *Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para a promoção da autonomia em aulas de física*. Tese (doutorado). Florianópolis: UFSC, Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2013.

COELHO-FILHO; J. M.; SOARES, S. M. S.; CARMO E SÁ, H. L. Problem-based learning: application and possibilities in Brazil. *São Paulo Medical Journal*, v. 116, n. 4, 1998, pp. 1784-1785. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/spmj/v116n4/0788.pdf> > Acesso em 25.04.2014.

COLOMBO, A. A.; BERBEL, N. A. A Metodologia da Problemática com o Arco de Maguerez e sua relação com os saberes de professores. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, Londrina, v. 28, n. 2, 2007, p. 121-146. Disponível em < http://www.sgc.goias.gov.br/upload/links/arq_390_ametodologiadaproblematizacaocomoarcodemaguerez.pdf > Acesso em 21.12.2014.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. In: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia,

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia – PPGET/ UTFPR, n. 11, 2010.

DANIELS, H. Introdução à teoria vygotskyana. In: _____. *Vygotsky e a Pesquisa*. São Paulo: Edições Loyola, 2011, p. 11-47.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: FLICK, L. B. & LIDERMAN, N. G. (orgs) *Scientific inquiry and nature of Science*: implications for teaching, learning and teacher education. Springer, 2006.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematisações. In: PIETROCOLA, M. (org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. 2ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. 4ª ed. São Paulo, Cortez, 2011.

DELIZOICOV, D. La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. Alexandria - *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.2, p.37-62, 2008. Disponível em: <http://www.ppget.ufsc.br/alexandriarevista/index.htm>> Acesso em 01.06.2015.

DRIVER R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova Escola*, n. 9, 1999, p. 31-40. Disponível em < <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf> > Acesso em 04.07.2014.

DUARTE, N. Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev. *Caderno Cedes*, Campinas, vol. 24, n. 62, 2004, pp. 44-63. Disponível em < http://matematicauva.org/disciplinas2/teorias_aprendizagem/Texto_03_Socio_Interacionismo.pdf > Acesso em 27.07.2015.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. (org.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

FERRAZ, A. T. *Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2015.

FREIBERG, H. L. *Elementos catalisadores para a promoção da negociação de sentidos*. Dissertação (Mestrado em Educação). FEUSP, São Paulo, 2015.

FREIRE, M. S.; SILVA, M. G. L. Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 1, 2013, pp. 191-208.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 2, 2012, pp. 403-418. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ep/v38n2/aop478.pdf> > Acesso em 24.08.2015

FURLAN, A. B. S.; RICCI, E. C.; GOMES, C. G. C.; SILVA, A. F. G. Abordagem Temática no currículo de Ciências: a perspectiva ético-crítica na concepção de lixo como condição humana. In: *Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, 2011.

GARCEZ, A. DUARTE, R.; EISENBERG, Z. Produção e análise de vídeo-gravações em pesquisas qualitativas. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 37, n.2, p. 249-262, mai./ago. 2011. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ep/v37n2/v37n2a03.pdf> > Acesso em 04.09.2015.

GARCÍA, E. J.; GARCÍA, F. F. Aprender investigando: una propuesta metodológica baseada en la investigación. 7ª. ed. Sevilla/ES: DÍADA, 2000. 93 p. (Série Practica, n. 2. Colección Investigación y Enseñanza).

GEHLEN, S.T.; SCHROEDER, E.; DELIZOICOV, D. A Abordagem histórico-cultural no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. In: *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis, 2007. Disponível em < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p557.pdf> > Acesso em 21.07.2013.

GEHLEN, S. T. *A função do problema no processo de ensino aprendizagem de Ciências: Contribuições de Freire e Vygotsky*. 2009. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2009.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.17, n. 1, 2012, pp. 59-79. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID279/v17_n1_a2012.pdf > Acesso em 24.08.2015.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. O papel do problema no ensino de ciências: compreensões de pesquisadores que se referenciam em Vygotsky. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.15, n. 02, 2013, pp. 45-63. Disponível em < <http://www.portal.fae.ufmg.br/revistas/index.php/ensaio/article/view/672/1289> > Acesso em 28.09.2015.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A função do problema na Educação em Ciências: estudos baseados na perspectiva vygotskyana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 11, n. 3, 2011, pp. 123-144. Disponível em < <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2415/1815> > Acesso em 28.09.2015.

GEHLEN, S. T.; MUENCHEN, C.; GONCALVES, F. J. F.; TORRES, J.; LINDEMANN, R. H. Um processo formativo na perspectiva freiriana: aprendizagens na formação dos formadores. In: *VII Encontro Sobre Investigação na Escola*. Porto Alegre: EDIPUCRS, v. 7, 2007.

GIL, D.; TORREGROSA, J. M.; RAMIREZ, L; CARRÉE, A. D.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, 1992, pp. 7-19. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7501/6882> > Acesso em 03.05.2014.

GOERGEN, P. Educação instrumental e formação cidadã: observações críticas sobre a pertinência social da universidade. *Educar Curitiba*, n. 37, 2000, p. 59-76, 2010. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/er/n37/a05n37.pdf> > Acesso em 24.03.2014.

GOES, M. C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. *Cadernos Cedes*, ano XX, nº 50, 2000. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v20n50/a02v2050.pdf> > Acesso em 21.03.2016.

GOES, M. C.R. A construção de conhecimentos e o conceito da zona de desenvolvimento proximal. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. B. (orgs.). *Linguagem, Cultura e Cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001, p. 77-88.

GÓMEZ, A.; ADÚRIZ-BRAVO, A. La actividad científica escolar: una actividad situada. *Revista Configuraciones Formativas 2. Formacion e Praxis*, México, Universidad Guanajuato, 2007, p. 219-236.

GOUW, A. M. S.; FRANZOLIN, F.; FEJES, M, E. Desafios enfrentados por professores na implementação de atividades investigativas nas aulas de ciências. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 19, n. 2, 2013, pp. 439-454. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n2/a14v19n2.pdf> > Acesso em 01.06.2015

GUTIÉRREZ, A. J. C. *O problema científico: construção formal ou delimitação no real*. 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2002.

HALMENSCHLAGER, K, R. *Abordagem de temas em ciências da natureza no ensino médio: implicações na prática e na formação docente*. (2014). Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, SC, 2014.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P. (sitio web revisado em 2007). La cultura científica em las clases de ciencias: Comunidades de aprendizaje. Disponível em: <http://quark.prbb.org/28-29/028057.htm>. Acesso em 17 jun. 2014.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. BUSTAMANTE, J. D. Construction et justification dessaviors scientifiques: rapports entre argumentation et pratiques épistémiques. Texto Didático, 2007.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Sci & Educ*, v. 23, pp. 465-484, 2014. (Published online: 20 November 2012, Springer Science Business Media Dordrecht, 2012).

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R. A. & GRANDY, R. E. (org.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation*. Rotterdam, Holand: Taipei Sense Publishers, 2008, pp. 288-291.

_____;DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. Paper apresentado na Reunião Annual da NARST. New Orleans, LA, abr. 2002.

KELLY, G. J. Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In: LINDER, C.; OSTMAN, C.; ROBERTS, D. A.; WICKMAN, P.O.; ERICKSON, G.; MACKINNON, A. (orgs.) *Exploring the landscape of Scientific Literacy*. New York, London: Routledge, 2011.

KELLY, G.J. & LICONA, P. *Epistemic practices and science education*. In MATTHEWS, M. (Ed.), HPS&ST anthology, (in press).

LABARRERE, A.; QUINTANILLA, M. La solución de problemas científicos em el aula: reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, vol. 30, vol. 1, pp. 121-137, 2002. Disponível em < <http://pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/view/216/453>>. Acesso em 21.08.2015.

LABARRERE, A. La solución de problemas, eje del desarrollo del pensamiento y las Competencias de Pensamiento Científico de los estudiantes en matemática y ciencias experimentales, In: QUINTANILLA, M (org.) *Las competencias de pensamiento científico desde 'las voces' del aula*. Vol. 1, GRECIA Facultad de Educación. Pontifica Universidad Católica do Chile: Santiago do Chile, 2002, p. 47-82.

LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discurso multivocal e univocal. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, 2003, pp. 231-256. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID106/v8_n3_a2003.pdf> Acesso em 05.09.2014.

LEONTIEV, A. N. *O desenvolvimento do psiquismo*. Lisboa: Horizonte, 1978, 261-284p.

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. Trad. Maria da Penha Vilalobos. São Paulo: Ícone, 1988.

LETTA, L. A. *As ações do(a) professor(a) no ensino fundamental I ao aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI)*. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2014.

LINDEMANN, R. H.; *Ensino de Química em Escolas do Campo com Proposta Agroecológica: Contribuições a partir da Perspectiva Freireana de Educação*. 2010. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2010.

LOCATELLI, R. J. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade de São Paulo Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2006.

LOPES, E. S. *É o elétron? É onda ou é partícula?: uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de Física Moderna e Contemporânea em estudantes do Ensino Médio*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade de São Paulo Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2013.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. 2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

LURIA, A. R. *Desenvolvimento cognitivo*. 6ª ed. São Paulo: Ícone, 2010.

MACHADO, V. F. SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. vol. 12, n 2, 2012. Disponível em < <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2433/1833> > Acesso em 21.07.2016.

MACHADO, V. F. *A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2012.

MAINARDES; PINO 2000. Publicações brasileiras na perspectiva vigotskiana. *Educação & Sociedade*, ano XXI, nº 71, 2000, pp. 255-269. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/es/v21n71/a12v2171.pdf> > Acesso em 21.09.2014.

MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aulas de ciências. In: SANTOS, F.M. T.; GRECA, I, M. (orgs.). *A Pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. 2 ed. ver. Ijuí: Unijuí, 2011.

MATEUS, E. Práxis colaborativa e as possibilidades de ser-com-o-outro. In: SCHETTINI, R. H. et al. (orgs.) *VYGOTSKY: uma revisita no início do século XXI*. São Paulo: Andross (Linguagem em Movimento), 2009, p. 17-52.

MEIRA, L. Análise microgenética e videografia: ferramentas de pesquisa em psicologia cognitiva. *Temas em Psicologia*, n. 3, 1994. Disponível em < <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v2n3/v2n3a07.pdf> > Acesso em 07.09.2016.

MOLON, S. I. Questões metodológicas de pesquisa na abordagem sócio-histórica. *Informática na educação: teoria & prática*. Porto Alegre, v.11, n.1, p. 56-68, jan./jun. 2008. Disponível em < <http://www.seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/viewFile/7132/4884> > Acesso em 23.04.2016.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividades discursivas nas salas de aulas de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 7, n. 3, pp. 283-306, 2002. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID94/v7_n3_a2002 > Acesso em 21.01.2014.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias na sala de aula. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. B. (orgs.) *Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. Belo Horizonte: Autentica, 2001, p. 107-138.

MUENCHEN, C.A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria. 2010. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2010.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em <

<http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00089.pdf>>Acesso em 24.12.2015.

NASCIMENTO, E. D. O.; SILVA, A.C. T.; FREIRE, F. A. Atividades investigativas e práticas epistêmicas no ensino de ciências. *Scientia Plena*, v. 10, n. 4, 2014, p. 1-10. Disponível em < <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1923/959>>Acesso em 30.09..2015.

NEWMAN, F.; HOLZMAN, L. *Lev Vygotsky: cientista revolucionário*. Trad. Marcos Bagno. In: _____. *A zona de desenvolvimento proximal: uma unidade psicológica ou unidade revolucionária?* São Paulo: Edições Loyola, 2002. cap. 4, p. 71-110.

OLIVEIRA, M. K. O problema da afetividade em Vygotsky. In: TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. (orgs). *Piaget, Vygotsky e Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992. pp. 75-84.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico*. São Paulo, Scipione, 1993.

OLIVEIRA, J. R. S. A Perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de química. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.3, n.3, p.25-45, nov.2010. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134/29083>>Acesso em 22.03.2014.

OSBORNE, J. Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge. In DUSCHL, R. A.; BISMARCK, A.S. (eds.) *Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice*. New York, NY: Routledge, 2016.

PADILHA, J. N. *O uso das Palavras e Gestos durante a Construção dos Conceitos de Sombra e Reflexão nas Aulas de Conhecimento Físico*. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2008.

PEREIRA, A. P; LIMA, P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, 2014, p. 518- 535. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n3p518/27968>> Acesso em 15.07.2016.

PINO, A. O biológico e o cultural nos processos cognitivos. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. B. (orgs). *Linguagem, Cultura e Cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001, pp. 21-50.

PINO, A. A criança e seu meio: contribuição de Vigotski ao desenvolvimento da criança e à sua educação. *Psicologia USP*, São Paulo, v. 21, v. 4, 2010, pp. 741-756. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pusp/v21n4/v21n4a06.pdf>> Acesso em 31.10.2015.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência :para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, v.8, nº1, 2002, p.127 – 145. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v8n1/10.pdf>> Acesso em 07.10.2013.

PRESTES, Z. R. *Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil, repercussões no campo educacional*. 2010. (Doutorado) - Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Brasília, 2010.

RABONI, P.C.A. *Solução de problemas experimentais em aulas de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental e o uso da linguagem cotidiana na construção do conhecimento científico*. 2013. (Pós Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2013.

REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural de educação*. Petrópolis: Vozes, 1995.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XI, 2008, Curitiba. *Atas do XI EPEF*, Curitiba: SBF, 2008.

RUBTSOV, V. A atividade de aprendizado e os problemas referentes à formação do pensamento teórico dos escolares. In: GARNIER, C. et al. (Org.). *Após Vygotsky e Piaget: perspectivas social e construtivista escolas russa e ocidental*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996, p. 129-137.

SÁ, E. F.; LIMA; M. E. C. C.; AGUIAR-JR., O. A. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, 2011, p. 79-102. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID255/v16_n1_a2011.pdf> Acesso em 04.11.2015.

SALVADOR, D. F.; ROLANDO, L. G. R.; OLIVEIRA, D. B.; VASCONCELLOS, R. F. R. R. Aplicando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, n. 3, 2014, pp. 292-317. Disponível em <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_3_3_ex839.pdf> Acesso 10.02.2016.

SANDOVAL, W.A. Science Education's Need for a Theory of Epistemological Development. *Science Education*, vol. 98, n. 3, 2014, pp. 383-387.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CT-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 2, n. 2, 2002, pp. 133-162. Disponível em <<http://ufpa.br/ensinofts/artigos2/wildsoneduardo.pdf>> Acesso em 24.05.2013.

SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2008.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (orgs.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.17 n. especial, 2015, p.

49-67. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>> Acesso em 23.01.2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, 2011, pp.59-77. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID254/v16_n1_a2011.pdf> Acesso em 01.08.2013

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.13, n. 3, 2008, pp.333-352. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf> Acesso em 01.09.2013.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 21, n. 2, 2016, pp. 52-67. Disponível em < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/19/189>> Acesso em 21.11.2016.

SAVIANI, D. *Educação: do senso comum à consciência filosófica*. 11. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 1996.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. (orgs.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SEDANO, L. S. *Ensino de Ciências e formação da Autonomia Moral*. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2005.

SILVA, S. F.; NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. O pensamento do professor: o trabalho com problemas no ensino de ciências. In: *III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências/III ENPEC*, 2001, Atibaia/SP. Livro de Resumos do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2001.

SILVA, S. F.; NUÑEZ, I. B. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teórico-metodológicas. *Química Nova*, v. 25, n. 6b, 2002, pp. 1197-1203. Disponível em http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No6B_1197_22.pdf Acesso 11.05.2015.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. Aspectos epistêmicos das estratégias enunciativas em uma sala de aula de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 2, 2009, p. 104-112. Disponível em < http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_2/08-PEQ-6108.pdf> Acesso 21.06.2015.

SILVA, A.C.T. Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes. 2008. Tese de doutorado (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2008.

SILVA, A. C.T.; NASCIMENTO, E. D. O.; FRANÇA, E. C. M.; FREIRE, F. A.; NUNES, J. M. Densidade e flutuação dos objetos: práticas e movimentos epistêmicos em uma sala de aula

de ciências. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ XVI ENEQ e X Encontro de Educação Química da Bahia/ X EDUQUI, Salvador/BA, 2012.

SILVA, A. F. G. A construção do currículo na perspectiva popular crítica: das falas significativas às práticas contextualizadas. 2004. Tese (Doutorado em Educação e Currículo) – Pontífca Universidade Católica, São Paulo/SP, 2004.

SMOLKA, A. L. B. *Experiência e discurso como lugares de memória: a escola e a produção de lugares comuns. Pro-posições*. v. 17, n. 2 (50), maio/ago., 2006, pp. 99-119. Disponível em < http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/50_dossie_smolka_alb.pdf> Acesso 04.10.2016.

SMOLKA, A. L. B. Sobre significação e sentido: uma contribuição à proposta de rede de significações. In: ROSSETTI-FERREIRA, M, C.; AMORIM, K, A.; SILVA, A. P. S.; CARVALHO, A. M. A. (orgs.). *Rede de Significações e o estudo do desenvolvimento humano*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2004, p. 35.49.

SOLÉ, I. Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. In: COLL, C. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 1998.

SOLINO, A. P. *Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação*: contribuições para o ensino de Ciências/Física nos anos iniciais do ensino fundamental. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié/BA, 2013.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v19, n.1, 2014, pp. 141-162. Disponível em < http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID363/v19_n1_a2014.pdf> Acesso em 01.09.2014.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T. SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas. *Anais. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, Maresias-SP, 2015.

SOUSA, P.S.; BASTOS, A.P. S.; FIGUEIREDO, P. S. GEHLEN, S. T. Investigação Temática no Contexto do Ensino de Ciências: Relações entre a Abordagem Temática Freireana e a Práxis Curricular via Tema Gerador. *ALEXANDRIA - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 7, p. 155-177, novembro 2014.

SOUZA, T. N. *Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física no Ensino Médio*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Programa Interunidades de Ensino de Ciências, USP, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, USP, São Paulo, 2015.

SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Ensenanza de las ciencias*, v. 21, v. 1, 2003, p. 21-25.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.17 n. especial, 2015, p. 97-114. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/eppec/v17nspe/1983-2117-eppec-17-0s-00097.pdf>> Acesso em 17.11.2015.

TAVARES, S. S.; BENEDITO, G. S. C., MUENCHEN, C. Armas: segurança ou insegurança?: uma experiência com o ensino de Física. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo, 2013.

VASCONCELLOS, C.; LOPES, B.; COSTA, N.; MARQUES, L.; CARRASQUINHO, S. Estado da arte na resolução de problemas em Educação em Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, nº 2, pp. 235-245, 2007. Disponível em < http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART1_Vol6_N2.pdf > Acesso em: 12.17.2014.

VASCONCELOS, C; AMADOR, M. F.; SOARES, R. B.; PINTO, T. F. Questionar, investigar e resolver problemas: reconstruindo cenários geológicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 3, 2012, pp. 709-720. Disponível em < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/184/124> > Acesso 26.09.2014.

VYGOTSKI, L. S. *Obras Escogidas II: problemas de psicologia general*. Trad. José Maria Bravo. Madri: Visor, 2001.

VIGOTSKI, L. S. “O problema da consciência”. In: *Teoria e método em Psicologia*. Trad. C. Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 1996, p. 171-189.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Trad. P. Bezerra. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009a.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. *Imaginação e criação na infância*. (Apresentação e comentários Ana Luiza Smolka); tradução Zoia Prestes. São Paulo: Ática, 2009b, pp. 1-42.

VYGOTSKY, L.S.; LURIA, A.R. *A história do comportamento: o macaco, o primitivo e a criança*. Trad. Lólio Lourenço de Oliveira. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

WERTSCH, J. V. *Mind as action*. New York: Oxford University Press, 1998.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Trad. Ana Thorell. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YLYENKOV, E. V. *Dialectical Logic: essays on its History and Theory*. Translated by H. Campbell Creighton. AAKAR, 2008.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, v.13, n.3, 2011. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf> > Acesso em 21.03.2014.

Apêndice A – Mapa geral de categorização dos dados com transcrição completa

Aula Analisada

Atividade 1 – Desafio da Travessia do Rio

Apêndice A: Mapa geral de categorização dos dados

Interações Discursivas	Novos Problemas (problematizações) - PPS	Elementos Significadores
T -1: Professora: Bom dia!!!		
T- 2: Alunos: Bom dia!!!		
T-3: Professora: Então a gente vai continuar com o projeto de ciências e a aula de hoje, a gente vai começar com um probleminha pra vocês resolverem.		
T-4: Aluno NI: A gente já resolveu...		
T-5: Professora: Não...ainda não...		
T-6: Professora: Vocês receberam a tirinha, né, com a comanda do problema. E aí está escrito assim: “ pensa e resolva: três amigos querem atravessar um rio. O barco que possuem suporta no máximo 130 quilos... [Aluno: Nossa...] Eles tem peso de 60, 65 e 80 quilos. [Aluno: Nossa...] Como devem proceder para atravessar o rio, SEM afundar o barco? ” Primeiro vocês vão conversar no grupo de vocês. Primeiro é com vocês em cada grupo, vocês vão pensar como é que vai resolver isso. Quando o grupo chegar em uma conclusão, pensar em uma maneira, aí vocês vão me chamar para falar qual é a ideia de vocês. Aí, a gente vai ouvir a ideia de cada um pra ver qual é a que vai da certo. Tá bom? [Alunos: sim...tá...] Então pode começar.	O PD se transforma em OC (quando a necessidade se encontra no objeto, incita o sujeito a agir, tornando o motivo da atividade)	N - Ao propor o problema, a professora cria necessidades de aprendizagem nos alunos, as quais serão manifestadas na formulação de hipóteses e ações colaborativas. CP - A professora apresenta para os alunos o PD ao mesmo tempo em que explicita as ações que eles devem realizar durante a tarefa.
T-7: Alunos NI: inaudível		
T-8: Professora: Pedro, não são 60 vezes (8 ou 80)... [inaudível]		CE - A professora vai a cada grupo observando como as crianças propõem resolver o desafio. Em seguida, explicita uma possível contradição na ideia do aluno, ao tentar multiplicar o peso das pessoas na tentativa de resolver o problema. A professora se direciona apenas para este aluno e o corrige.

T-9: Alunos NI: [inaudível]		CP- Ao observar os alunos discutindo o problema com seus colegas, a professora se dirige ao grupo da Joice e escuta a sua proposta de solução do problema.
T-10: Professora: Ó, gente, a Joice deu uma ideia aqui: ela falou assim que um vai, vai um de cada vez só que ele vai e empurra o barco de volta, só que a distância é muito grande e não dá para empurrar o barco de volta, entendeu?		C-Manifestação de uma ideia contraditória em relação à lógica do PD. I - A aluna (Joice) imagina que atravessar o rio sozinho e empurrar o barco de volta pode ser uma solução. CE - A professora constrói o cenário do PD, problematizando a distância do rio e a impossibilidade de um dos amigos empurrarem o barco. Neste momento, os alunos dos outros grupos viram-se para escutar as orientações da professora.
T-11: Aluno NI: Vai nadando...		C-Manifestação de uma ideia contraditória em relação à lógica do PD. I-O aluno imagina que colocar um dos amigos para irem nadando pode ser a solução.
T-12: Professora: Não pode ir nadando, tem que ir no barco.		CE - A professora explicita a contradição na fala do aluno e nega a possibilidade de ir nadando, reforçando a ideia que os amigos devem atravessar dentro do barco.
T-13: Aluno NI: É, porque ele é mais...[inaudível]		
T-14: Professora: Então a gente tem que eliminar algumas ideias aí para você não falarem novamente. Então é... Tem que ir no barco. <i>Tem que ir para o outro lado no barco.</i> Então não pode ir de outra forma, tem que ser no barco. Uma outra coisa: <i>o rio é bem grande</i> , então não dá para empurrar o barco de volta. Se fosse uma distância curtinha não precisava ir de barco, concorda? Então não dá para empurrar o barco de volta.		CE - A professora organiza o cenário do PD na lousa, o qual não está explícito na sua proposição. Neste momento, a professora pega o giz e escreve na lousa as ideias que tem que ser eliminadas: tem que ir para o outro lado no barco e o rio é bem grande. Os alunos prestam atenção ao que a professora fala e escreve na lousa. Ela busca explicitar de forma organizada ideias contraditórias à lógica do PD.
T-15: Maria: E se tivesse alguém para ir, aí pegava a gente e levava, depois trazia e levava?	PPS colocado pela aluna.	N: Aluna parece sentir necessidade de problematizar sua hipótese, colocando-a em teste. I-Aluna imagina que se tivesse outra pessoa no enredo do PD para conduzir os amigos poderia resolver o problema.
T-16: Professora: Sim, ó! Olha aqui o que a Maria falou, repete Maria.		CP - A professora pede para a aluna repetir sua ideia porque parece perceber a potencialidade dela significar o PD.
T-17: Maria: Uma pessoa entrava no barco para pegar uma que está desse lado e levava [inaudível]		
T-18: Professora: Ahã...mas não tem essa pessoa, tem só TRÊS pessoas. As três estão desse lado aqui do rio, as três estão ali e tem que chegar do outro lado do rio. O barco tá parado ali tá vazio. As três pessoas precisam atravessar, só que o barco		CE - A professora explicita a contradição embutida na ideia da aluna e reforça novamente a consigna do PD, negando a possibilidade de existir uma quarta pessoa.

suporta apenas 130 quilos. E cada um tem: 60, outro 65 e o outro, 80 quilos, tá? É isso que vocês têm que pensar. Fala Fabrício!		
T-19: Fabrício: E se colocasse uma corda no barco? Um vai lá, vai o outro e puxa o barco?	PPS colocado pelo aluno	N: Aluno parece sentir necessidade de problematizar sua hipótese, colocando-a em teste. I-Aluno imagina que amarrar a corda no barco para o amigo que já atravessou puxar do outro lado do rio pode resolver o problema.
T-20: Professora: Não, essa ideia também não dá. Por que não tem corda, só tem o barco e o rio é bem grande, lembra que eu já falei.		CE - A professora novamente explicita a contradição na fala do aluno, fazendo-o recordar sobre o que ela já havia dito anteriormente.
T-21: Rodrigo: Vai um de cada vez...		I-Aluno parece imaginar ser possível que os três amigos atravessassem sozinhos, indo um de cada vez.
T-22: Professora: Um de cada vez? Me explica melhor como é que é isso.	PPS colocado pela professora	CP - A professora pede para que o aluno explique melhor sua proposição. A professora problematiza essa ideia porque percebe a potencialidade dela significar o PD.
T-23: Rodrigo: Vai... [inaudível]		
T-24: Professora: Perae... Oh, oh... escuta isso! Fala bem alto o que você falou.		CP - A professora pede para o aluno [Natan] repetir sua ideia porque parece perceber a potencialidade dela significar o PD.
T-25: Natan: [Se for um de cada vez como é que vai] trazer o barco de volta?	PPS colocado pelo aluno	CE - Natan parece ter compreendido a contradição presente na fala anterior do colega (Rodrigo), problematizando a situação. Seu questionamento reflete um conflito.
T-26: Professora: Se for um de cada vez, olha o que o Natan falou: se for um de cada vez, como é que ele vai trazer o barco de volta?	Professora reformula o PPS apresentado pelo aluno.	CP e CE - Neste momento, a professora reforça o raciocínio apresentado por Natan, explicitando a contradição de ideia apresentada por Rodrigo.
T-27: Maria: A não ser que fosse um navio.		C-Manifestação de uma nova ideia contraditória à lógica do PD. I-A aluna imagina que se fosse um navio no lugar do barco, todos poderiam atravessar sem problemas.
T-28: Aluno NI: Só se for uma corda, só...		C-Manifestação de ideia contraditória à lógica do PD. I-Aluno volta a imaginar que a corda pode ser um recurso importante para resolver o problema.
T-29: Professora: Não...A ideia da corda a gente já superou, <u>lembra?</u>		CE: A professora reafirma a explicitação da contradição presente na ideia do aluno. (Os alunos parecem ter dificuldades de imaginar novas situações para resolver o problema).
T-30: Aluno NI: [inaudível]		C-Possível manifestação de uma nova ideia contraditória em relação à lógica do PD.

		I-Aluno parece imaginar ser possível motorizar o barco para solucionar o problema.
T-31: Professora: Ah...não tem motor não...[inaudível] mas mesmo que tiver motor, ué!		CE - A professora volta a explicitar a contradição.
T-32: Maria: Não tem ninguém lá pra dirigir...		CE – A aluna explicita a contradição da ideia ao afirmar que não há uma outra pessoa para conduzir o imaginado barco motorizado.
T-33: Professora: Entendeu? Mesmo que tenha, vai [inaudível].		CE - A professora parece complementar a explicitação da contradição.
T-34: Aluno NI: Então como vai chegar do outro lado?	PPS colocado pelo aluno.	CE – Aluno colabora ao manifestar a tensão conflituosa existente entre o modo que ele e seus colegas vem interpretando o problema e o modo como deve ser solucionado. A fala desse aluno contribui para ele e seus colegas começarem a pensar em novos modos de enfrentamento do PD, parece marcar uma nova forma de significação ao enfrentar o PD.
T-35: Professora: Então essa que é a pergunta: como é que vai chegar do outro lado?	Reformula o PPS apresentado pelo aluno.	CE - A professora compartilha o conflito vivenciado pelo aluno e sinaliza que este é o problema central.
T-36: Aluno NI: [inaudível]		
T-37: Professora: Perae, vamos ouvir o Fabrício agora.		CP - A professora gerencia as tensões pedindo silêncio para todos ouvirem o Fabrício.
T-38: Fabrício: [inaudível]		I -O aluno parece imaginar uma solução mais próxima da solução do PD. CE – Fabrício parece entender a percepção de N1 e propõe uma ideia diferente, colaborando com uma nova maneira de olhar o PD.
T-39: Professora: Muito bem! Essa ideia do Fabrício é legal. Fala de novo mais alto. Presta atenção para ver se vocês concordam com ele.		CP e CE-A professora aprova a ideia do aluno e reforça positivamente, chamando atenção da turma para uma análise compartilhada.
T-40: Fabrício: Um dos amigos vai, deixa um lá. Pega o outro e volta.		I-A situação imaginada pelo aluno é coerente com a solução lógica do PD. CE - Fabrício contribui ao propor resolver o problema de forma lógica, porém suas ideias ainda não explicam de forma clara a solução.
T-41: Professora: Sim, isso é legal, só que você tem que pensar numa coisa: o barco só comporta 130 quilos. E aí um tem 60, o outro tem 65 e outro tem 80 quilos.		CP e CE - A professora reforça positivamente a ideia do aluno e relembra as condições importantes que norteiam o PD. A partir desse momento, os alunos começam a enfrentar o PD, analisando sob a sua lógica.
T-42: Diego: [inaudível]		
T-43: Professora: Perae...perae...		CP – A professora gerencia o conflito pedindo ordem para falar e escutar os colegas.

T-44: Diego: Então, vai dois num barco só, um de 60 e 65...[inaudível]		I-A situação imaginada pelo aluno é coerente com a solução lógica do PD. CE - Diego propõe que os dois amigos de 60 e 65 atravessem juntos. Ele contribui ao analisar o problema trazendo os dados, porém parece não concluir a solução.
T-45: Professora: Perae, perae!!! Tá! Entendi o que você quis dizer. Ele falou assim que vai dois: um de 80 e um de 65. Eu quero saber se vai dar certo...		CP e CE – A professora gerencia o conflito, acalmando a turma. Ela parece não ter escutado perfeitamente o que Diego quis dizer, reformulando sua fala de modo diferente daquela proposta pelo aluno.
T-46: Diego: ...não! 60 e 65... Por que senão não dá certo.		CE – Diego imediatamente corrige a professora, demonstrando ter assimilado a contradição presente em sua fala.
T-47: Maria: O de 65 precisa ir primeiro...		CE – Maria parece complementar o argumento de Diego ao enfatizar que o de 65 deve ir primeiro e não o de 80, como sinalizado de forma equivocada pela professora.
T-48: Professora: Ahã!? Perai... O de 60 e 65 eles podem ir juntos no barco?	PPS colocado pela professora	CE – A professora colabora ao colocar em teste a hipótese inicialmente explicitada por Diego e em seguida por Maria. Sua intenção é perceber se os alunos estão conscientes das suas proposições. A professora problematiza a ideia, pois a percebe como potencial significador do PD.
T-49: Alunos: Pode!		
T-50: Professora: Por quê?	Continuação do PPS anterior.	CE – A professora quer se certificar da compreensão dos alunos, ao pedir explicações.
T-51: Fabrício: Pode, porque vai dar 125!		
T-52: Professora: Vai dar 125 quilos. Ai cabe no barco e vai dar certo? <u>O barco não vai afundar se os dois forem juntos? Por que comporta quanto?</u>	Essa pergunta embora seja importante, não se configura como PPS, uma vez que a resposta dela já se encontra na própria formulação do PD.	CE – A professora quer se certificar de que todos os alunos estão considerando as condições de contorno que envolvem a resolução do PD, a exemplo do peso suportado pelo barco. A professora, portanto, colabora para que os alunos tomem consciência das condições envolvidas no PD.
T-53: Alunos: 130		
T-54: Professora: <u>Quanto que comporta o barco?</u>	Idem à obs. Anterior (T-52)	
T-55: Alunos: 130!		
T-56: Professora: 130! Então tá! Vai o de 65 e o de 60...		CE – Após certificar-se da compreensão dos alunos, a professora contribui ao legitimar a ideia apresentada por Diego e Maria de que o de 65 e o de 60 devem ir primeiro.
T-57: Fabrício: Mas não dá o de 80 porque vai dar 14. Por que zero mais zero ... [inaudível]		CE – Fabrício parece antecipar uma possível contradição pensada por ele mesmo, ao mencionar que o de 80 não poderá ir junto com o de 60, pois ultrapassará o peso suportado pelo barco, resultando em 140.

T-58: Professora: Não! Mas perae, vamos pensar por partes. O Diego falou que vai o de 60 e o de 65, tá? Eles vão no barco e atravessa o rio, e aí? O que vai acontecer depois?	PPS colocado pela professora	CP e CE – A professora gerencia o conflito apresentado por Fabrício, pedindo para que pense devagar e por partes. A professora questiona os alunos para saber como proceder depois que os amigos de 60 e 65 atravessarem o rio.
T-59: Alunos: [inaudível – alunos falam ao mesmo tempo]		
T-60: Professora: O pessoal presta atenção!		CP – A professora gerencia o conflito pedindo ordem para falar e escutar os colegas.
T-61: Diego: O de 60 volta para pegar o de 80.		I-A situação imaginada pelo aluno é coerente com a solução lógica do PD CE - Diego mais uma vez contribui ao pensar logicamente o PD.
T-62: Professora: O de 60 volta...		
T-63: Diego: ... pra pegar o de 80.		
T-64: Professora: Hã?! ((Diego: Ai vai os dois juntos)).		C-Ao pensar sobre a ida dos amigos de 60 e 80 quilos, Diego parece não tomar consciência da contradição conceitual, pois ultrapassa o peso limite do barco se os dois retornarem juntos I-A situação imaginada pelo aluno não resolve o PD.
T-65: Maria: Não... [inaudível]		CE – Maria parece ter identificado a contradição no pensamento de Diego, ao mencionar a não possibilidade dos amigos de 80 e 60 atravessarem juntos.
T-66: Diego: inaudível		
T-67: Maria: inaudível		
T-68: Professora: O que vocês acham, ó?! Vai o de 60 ou o de 65?	Repetição de PPS colocado pela professora (T-48)	CE – A professora parece não ter escutado a fala de Diego e resolve continuar a aula questionando qual dos dois amigos (60 ou 65) poderá ir primeiro. A professora questiona algo que já havia sido discutido pelos alunos e entendido por eles. Do turno 68 ao 76 a professora parece se perder no direcionamento do PD, não possibilitando que eles avancem no enfrentamento do problema.
T-69: Aluno NI: [inaudível]		
T-70: Professora: Vai para outro lado. E aí, quem é que volta?	Repetição de PPS colocado pela professora (T-58)	
T-71: Aluna: O de 60!!!		
T-72: Joice: inaudível		
T-73: Professora: Como?		
T-74: Joice: inaudível		
T-75: Professora: O de 60 e o de 65 dá certo? Dá? Hein, Fábio, você concorda?		CE: A professora questiona algo que já havia sido discutido pelos alunos e entendido por eles.

T-76: Fábio: O quê?		
T-77: Professora: Como vai resolver esse problema de atravessar o rio?	Professora retoma novamente o PD.	CP e CE: Neste momento, a professora tenta reorganizar suas ações para ajudar os alunos a compreender o PD. Os alunos voltam a discutir entre si os cálculos dos quilos que o barco suporta e a professora observa a maneira como os alunos propõem resolver o problema nos seus grupos.
T-78: Professora: Tá passando a soma que você fez.		CE: Professora leva Fabrício a refletir sobre o seu cálculo.
T-79: Fabrício: [inaudível]		
T-80: Professora: Espera aí um pouquinho...		
T-81: Fábio: Eu fiz: $130 + 60$ deu 190.		C-Manifestação de contradição à lógica de resolução do PD. I-O aluno imagina que a solução do PD deve ser realizada somando o peso das pessoas ao peso do barco.
T-82: Professora: Nossa! Mas você está somando a capacidade que o barco tem e mais o quê?	PPS colocado pela professora	CE: Professora leva Fabio a refletir sobre a contradição em seu raciocínio.
T-83: Maria: Ele está somando as pessoas...		CP: A aluna tenta gerenciar o conflito, explicando o cálculo feito pelo colega.
T-84: Professora: ...com o que o barco comporta. Mas dá para fazer assim, atravessar o rio? É a solução?	PPS colocado pela professora	CE: A professora complementa a explicação e questiona se essa é a forma correta de pensar a solução.
T-85: Diego: Não, professora!		
T-86: Professora: Qual é a solução?	Repetição do PPS anterior	
T-87: Diego: inaudível		C-O aluno parece manifestar um pensamento contraditório. I-Alunos parecem voltar a imaginar situações do cotidiano para resolver o problema.
T-88: Professora: a pedra não pode (entrar na história)		CE: A professora explica que no enredo do PD não existem pedras.
T-89: Alunos: inaudível [todos falam ao mesmo tempo].		
T-90: Professora: É a vez do Ariel, fala!		CP: Para que a turma não se perca na linha de raciocínio do PD, a professora incentiva os alunos que pouco participaram.
T-91: Ariel: [inaudível]		
T-92: Professora: E aí Manoel, você não falou nada hoje!		CP: idem à obs anterior.
T-93: Manoel: [inaudível] Dois vai... deixa um e pega outro...		I-A situação imaginada pelo aluno é coerente com a solução lógica do PD. CE: Manoel volta a explicitar o mesmo raciocínio iniciado por Diego no turno 44.

T-94: Professora: Mas quem são os dois que vão?	PPS colocado pela professora	CE: Professora volta a discutir novamente essa questão a fim de iniciar o direcionamento do raciocínio dos alunos. Turnos 94 à 100
T-95: Manoel: O de 60 e o de 65.		
T-96: Professora: Tá! O de 60 e o de 65 pode ir e vai dar quanto?	Repetição de PPS colocado anteriormente	
T-97: Manoel: 125!		
T-98: Professora: Aí eles podem ir. Tá bom, mas e aí, quem é que volta?	Repetição de PPS colocado anteriormente	
T-99: Manoel: O de 60 pega o de 80.		
T-100: Professora: E o de 60 com o de 80, eles podem estar no barco os dois?	PPS colocado pela professora	CE: Professora contribui para que os alunos avaliem a hipótese apresentada pelo Manoel, questionando-os.
T-101: Aluna NI: Não vai dá, professora, porque vai dá 140.		CE: Aluna NI compreende a contradição e afirma que não é possível os amigos de 60 e 80 atravessarem juntos.
T-102: Professora: ... <u>vai dá?</u> ...		CE: Professora quer se certificar dessa compreensão, explorando essa contradição – (turnos 103 ao 107).
T-103: Aluna NI: 140.		
T-104: Professora: E aí se der 140, Fábio!!! [Aluno: O barco afunda]. O barco afunda. Por quê?	Essa pergunta embora seja importante não se configura como PPS, uma vez que a resposta dela já se encontra na própria formulação do PD.	
T-105: Maria: Por que não pode passar de 130.		
T-106: Professora: Por que não pode passar de 130. [Maria: Já passou 140]. Então como é que a gente vai fazer?	PPS formulado pela professora	
T-107: Aluno NI: Difícil		
T-108: Maria: Está difícil essa daí. Essa daí a professora arranca [inaudível] e não solta mais...(risos)		CE: Maria começa a se sentir incapaz de resolver o problema. As informações trazidas pela professora já estão saturadas, pois eles já conhecem e não conseguem avançar no raciocínio.
T-109: Aluno NI: Até a professora não consegue.		
T-110: Professora: Até eu não consigo ... (risos) ... É que é a vez de vocês pensarem agora.		
T-111: Aluno: Professora, o Fabrício quer falar.		
T-112: Professora: Fala Fabrício.		
T-113: Fabrício: O que eu pensei não vai dar certo.		
T-114: Professora: Mas fala, de repente...		CP: Professora gerencia o conflito apresentado pelo aluno, incentivando que fale. Nota-se que o aluno parece se sentir incapaz de

		resolver o problema e já pressupõe que a sua proposição não vai dar certo.
T-115: Fabrício: Se a gente levasse...O 80 levasse o de 65 ou o 60 e o 60 ia buscar o ...		C-Manifestação de contradição I-Aluno imagina a possibilidade do amigo de 80 quilos levar os amigos que pesam 60 ou 65.
T-116: Professora: Perae, o de 80 pode buscar o de 60? A gente acabou de conversar ali.	Repetição de PPS formulado pela professora (T-100)	CE: Professora questiona o aluno sobre essa não possibilidade, fazendo-o lembrar de que essa hipótese já havia sido refutada.
T-117: Fabrício: Então, por isso eu disse que não ia dar certo.		Aluno manifesta sua dificuldade e insatisfação
T-118: Professora: Ah, tá! Mas valeu tentar.		CP: Embora a resposta do aluno não estivesse correta, a professora aprova sua tentativa e iniciativa.
T-119: Aluno NI: Professora ela falou que você não sabe fazer		Alunos duvidam da capacidade da professora, achando que nem mesmo ela sabe resolver.
T-120: Professora: (sorri) E ela sabe? Eu quero saber quem sabe.		CE: Professora parece ignorar a dificuldade dos alunos e a necessidade que eles estão apresentando de conhecer novas colaborações que ajudem a pensar o problema para além do que eles já sabem.
T-121: Alunos: [inaudível]		
T-122: Diego: Professora! [inaudível] ...vai o 65 e de 60 depois ele volta sozinho para pegar o de 80. Aí deixa o barco e empurra pra ele, aí...		C-A partir das dificuldades apresentadas pelos alunos, eles voltam a significar o PD com base no cotidiano, manifestando as mesmas contradições anteriormente discutidas. Diego retomou o problema de empurrar o barco para o amigo atravessar. I-O aluno imagina que o amigo de 60 quilos poderá deixar o barco e empurrar para o amigo de 80 atravessar.
T-123: Professora: Não pode empurrar, lembra? Inaudível		CE: Professora volta novamente a explicitar a contradição anteriormente refutada. Turnos 123 à 128.
T-124: Joice: O de 80 pega outro barco correndo...		C-Aluno manifesta novamente contradições de pensamento ao criar o problema de um segundo barco. I-O aluno imagina a possibilidade de existir outro barco para o amigo de 80 quilos atravessar.
T-125: Professora: Também não tem outro barco, só tem um.		CE: Professora volta novamente a explicitar a contradição.
T-126: Aluno NI: Ihhh!		
T-127: Diego: Ele vai na corda.		C-Aluno manifesta novamente contradições de pensamento ao criar o problema da corda.

		I-O aluno volta a imaginar que a corda pode ser um recurso importante para ajudar na travessia.
T-128: Maria: Não tem corda, não tem pedra, [Professora: não tem corda!], não tem gente, outra pessoa [inaudível].		CE: Maria colabora ao relembrar os colegas de que no enredo do PD não existem cordas, pedras e nem outras pessoas além dos três.
T-129: Professora: É o que tem pra hoje: é um barco, 3 pessoas e o rio. Um de 60, um de 80 e um de?	Retomada do PD	CE: Professora retoma novamente o PD, com o intuito de lembrar aos alunos as condições do mesmo, porém eles continuam com dificuldades de enfrentar o problema. Os resultados das suas ações os levam a uma certa desmotivação. É necessário que a professora contribua de forma mais produtiva. Turno de 130 à 150.
T-130: Maria: 65		
T-131: Professora: 65. E aí?		
T-132: Maria: Essa é difícil professora.		
T-133: Professora: Pensem aí que eu vou pegar um copo d'água.		
T-134: Alunos: <i>[alunos ficam conversando enquanto a professora busca um copo de água]</i>		
T-135: Alunos NI: Professora! Professora!		
T-136: Professora: E aí? Vamos ver aqui o que a Iara pensou, ó!		
T-137: Iara: [inaudível]		
T-138: Professora: Você não pensou ainda... Então pensa, meu amor. Quem pensou?		
T-139: Vinicius: O Fabrício!		
T-140: Professora: Humn... Fala Fabrício!		
T-141: Fabrício: Eu não sei.		
T-142: Aluno NI: Tenta!		
T-143: Professora: Fala! Vamos pensar juntos. Qual é sua ideia?		
T-144: Fabrício: Não vai dar certo.		
T-145: Alunos NI: Fala! Tenta! Fala logo!		
T-146: Maria: Fala! Fala! Fala!....		
T-147: Aluno NI: Deixa ele tentar.		
T-148: Professora: Da sua ideia a gente pode ter outra ideia. Peraí		
T-149: Joice: Vai...		
T-150: Maria: Desembucha		
T-151: Fabrício: Se o de 60...		
T-152: Professora: Perae, perae. Fala		CP – A professora gerencia o conflito pedindo ordem para falar e escutar os colegas. Ela incentiva Fabrício a falar.
T-153: Fabrício: Se o de 60 fosse buscar o de 65, ia dar 125. Ai não ia dar porque o de 65 não tem como buscar o de 80.		CE – Fabrício explicita a sua ideia, destacando que não há como o amigo de 65 quilos buscar o de 80 quilos.

T-154: Professora: Entendi. Então, esse é o problema. Agora a gente tem que pensar em como é que a gente vai fazer para resolver isso. Fala Isaque		CE – A professora novamente sinaliza que este é o problema a ser resolvido e motiva os alunos a pensarem juntos.
T-155: Isaque: [inaudível]		
T-156: Professora: Espera aí, olha a ideia do Isaque agora. Hã...		CP – A professora gerencia o conflito pedindo ordem para falar e escutar os colegas. Ela incentiva Isaque a falar.
T-157: Isaque: Tem que tirar o de 80 porque o de 80 não cabe...[inaudível]		C-Aluno manifesta contradições de pensamento ao criar o problema de tirar o amigo de 80 quilos. Aluno volta a pensar o problema com base no cotidiano. I-O aluno imagina a possibilidade de retirar da situação problemática o amigo que pesa 80 quilos.
T-158: Professora: Sim, mas o de 80 ele precisa ir também. Não é porque ele é gordinho que ele tem que ficar, ele precisa chegar do outro lado, entendeu? Ele precisa ir também, você vai deixar ele lá coitado... [inaudível]. Assim não pode.		CE: Professora contribui definindo novamente as condições do PD explicitando a contradição no pensamento do aluno.
T-159: Maria: A não ser que tenha outra pessoa com ele... [inaudível]		C-Maria volta a manifestar contradições no pensamento ao criar o problema de deixar o amigo de 80 quilos com uma outra pessoa sem atravessar. I-Maria imagina que o problema possa ser resolvido deixando o amigo de 80 quilos com uma outra pessoa sem atravessar.
T-160: Professora: Mas não tem outra pessoa além dele... ele tem que chegar lá também.		CE: Professora explicita a contradição no pensamento da aluna e explica as condições do PD.
T-161: Diego: Professora!		
T-162: Professora: Oi!		
T-163: Professora: Ó, o Isaque queria deixar o de 80 quilos lá e ir só os dois, mas não pode, tem que ir os três, tem que chegar do outro lado do rio.		C-Isaque repete a mesma contradição manifestada anteriormente por ele no turno 157. I-O aluno imagina novamente a possibilidade de retirar da situação problemática a pessoa que pesa 80 quilos.
T-164: Professora: Fala Diego!		CP: Professora direciona a fala para Diego.
T-165: Diego: Se o de 80 ...[inaudível]		
T-166: Professora: Ó! Escuta aí o Diego		
T-167: Diego: Se o de 80 [inaudível] um vai até a metade do rio, deixar o barco pra ele e ele vai ...[inaudível]		C-Diego manifesta a contradição de pensamento ao criar o problema de um dos amigos deixar o barco no meio do caminho para o outro atravessar. Aluno volta a pensar o problema com base na lógica cotidiana.

		I-O aluno imagina a possibilidade de um dos amigos atravessarem até a metade do rio para deixar o barco livre para o amigo de 80 quilos atravessar e o outro retornar nadando.
T-168: Professora: Lembra que não pode nadar? Tem que chegar no barco. Eles têm que chegar seco do outro lado. Não pode chegar molhado não.		CE: Professora explicita a contradição no pensamento da aluna e explica as condições do PD.
T-169: Ana: O 60 com 65 vai dar 125...		CE: A aluna busca verificar os pesos para pensar nas possibilidades da travessia.
T-170: Professora: Isso... Perae, ó... Fala Ana		CP: Professora direciona a fala para Ana.
T-171: Ana: O 60 busca o 65 e aí...[inaudível]		CE: Ana retoma as discussões de turnos anteriores sobre a possibilidade do 60 e o 65 irem juntos na travessia.
T-172: Professora: Sim! E o de 80, como é que faz?	PPS formulado pela professora	CE: A professora novamente destaca o problema de como fazer para atravessar o de 80.
T-173: Maria: Ô prô, Felipe tá perguntando se tem ponte...		C-Aluno manifesta a contradição de pensamento. Aluno volta a pensar o PD com base na lógica cotidiana. I-Aluno imagina que a ponte poderia ser um importante elemento a ser incluído no enredo para ajudar a resolver o PD.
T-174: Professora: Não! Lembra que tem 1 barco, 3 pessoas e um rio. Estão de um lado e precisam chegar do outro.	Retoma novamente o PD	CE: Professora explicita a contradição no pensamento do aluno e explica as condições do PD.
T-175: Professora: Fala Ariel!		CP: Professora direciona a fala para Ariel.
T-176: Ariel: todos vão no barco...		C-Aluno manifesta a contradição de pensamento. I-Aluno imagina a possibilidade de os três amigos atravessarem juntos no barco.
T-177: Professora: Todos podem ir no barco, os três?	PPS formulado pela professora	CE: Professora questiona aos alunos se todos podem ir no barco.
T-178: Alunos: Não!		CE: Alunos explicitam a contradição presente no pensamento de Ariel.
T-179: Professora: Por que?	Continuação do PPS anterior	CE: Para certificar-se que os alunos estavam conscientes dessa contradição a professora pede para que eles expliquem o porquê. Turnos 178 a 193
T-180: Joice: Por causa que dá mais que 130.		
T-181: Professora: E o barco comporta apenas?	Essa pergunta embora seja importante não se configura como PPS, uma vez que a resposta dela já se encontra na própria formulação do PD.	

T-182: Alunos: 130.		
T-183: Professora: E os três juntos pesa quanto?	PPS formulado pela professora	
T-184: Alunos: 130. 140...inaudível		
T-185: Professora: Quanto que pesa os três juntos?	Repetição do PPS anterior	
T-186: Aluno: 140.		
T-187: Maria: Tem que armar a conta primeiro [inaudível]...		
T-188: Professora: Então faz.		
T-189: Aluno: 205.		
T-190: Professora: Ah? 205. Pode ir 205 quilos no barco?	Essa pergunta embora seja importante não se configura como PPS, uma vez que a resposta dela já se encontra na própria formulação do PD.	
T-191: Alunos: Não!		
T-192: Aluno NI: 145.		
T-193: Professora: E aí, como é que a gente vai fazer?	Repetição de PPS formulado pela professora (T-106)	CE: Professora novamente questiona os alunos de como eles devem resolver o PD.
T-194: Joice: Mas professora como é que a gente vai saber?		CE: Joice apresenta um conflito, pois não consegue imaginar outras situações para além daquelas já refutadas.
T-195: Professora: Temos que descobrir...		CP: A professora tenta incentiva-la.
T-196: Maria: Imagina assim[inaudível] risos...		
T-197: Aluno NI: inaudível		
T-198: Aluna NI: Vai professora, como [inaudível]		CE: Aluna NI parece solicitar pistas que ajudem a solucionar o problema.
T-199: Maria: Pró, como é que você faz com uma coisa que nem você não sabe?		CE: Maria continua a imaginar que a professora não sabe responder devido a dificuldade de achar a solução.
T-200: Professora: Vamos gente! Pra tudo tem um jeito, vamos tentar?! Pra tudo tem um jeito. Ó, quem é que pode ir primeiro?	Repetição de PPS	CE: A professora percebe o desânimo dos alunos e volta novamente a repetir o mesmo processo anterior de resolver o PD.
T-201: Maria: 65 e 60.		
T-202: Professora: Tá bom!		
T-203: Ana: Professora! Só que aí o de 80 vai [inaudível]		
T-204: Alunos: [inaudível]		
T-205: Professora: Hã???		

T-206: Ana: 80 busca o 60, depois o 60 busca o 65 [inaudível]		C-A aluna manifesta contradição ao criar o problema das pessoas de 80 e 60 quilos irem juntas. I-A aluna imagina ser possível que as pessoas de 80 e 60 quilos façam a travessia juntas no mesmo barco.
T-207: Professora: Peraí ó, presta atenção aqui no que a Ana falou...		CP: A professora chama atenção dos alunos para escutarem a fala da Ana.
T-208: Ana: 80 busca o 60, depois o 60 busca o 65 [inaudível]		C-A aluna repete a contradição ao criar o problema das pessoas de 80 e 60 quilos irem juntas. I-A aluna imagina ser possível que as pessoas de 80 e 60 façam a travessia juntas no mesmo barco.
T-209: Aluna NI: mais 80 + 60 é 140.		CE: Aluna encontra contradição no pensamento da Ana e refuta a possibilidade das pessoas de 80 e 60 irem juntas.
T-210: Professora: Entendeu?		CE: Professora quer se certificar de que a aluna Ana tenha entendido a sua contradição.
T-211: Ana: inaudível		
T-212: Diego: Professora! Professora! <i>[nesse momento a professora está conversando com o grupo da Ana]</i>		
T-213: Professora: Fala.		
T-214: Diego: Se o de 60 passasse no rio, só o [inaudível]		CE: O aluno parece tentar contribuir com uma nova hipótese, mas não é escutado pela professora.
T-215: Alunos: inaudível		
T-216: Maria: A professora conseguiu armar a conta, gente! Tá certo, pró?		CE: Maria se certifica de que a professora sabe resolver o problema.
T-217: Professora: Sim, sim, eu sei a resposta! Vocês é que estão descobrindo ainda,,		
T-218: Alunos: inaudível		
T-219: Aluno NI: Não leva o gordinho ou ele faz dieta		C-O aluno manifesta contradição ao criar o problema de não levar o amigo de 80 quilos por estar acima do peso. O aluno retorna novamente à lógica cotidiana para analisar o PD. I-O aluno imagina justificar a não ida do amigo de 80 quilos pelo fato dele ter que fazer dieta por estar acima do peso.
T-220: Professora: Não dá tempo dele fazer a dieta...Se ele fizer a dieta, já era, vai anoitecer e não vai dar tempo.		CE: Professora explicita a contradição no pensamento do aluno e explica as condições do PD.
T-221: Alunos: inaudível <i>[todos falam ao mesmo tempo]</i>		

T-222: Joice: Ai, ninguém consegue fazer esta conta.		CE: Aluna manifesta conflito ao perceber que nenhum dos seus colegas é capaz de resolver o cálculo.
T-223: Alunos: inaudível [<i>todos falam ao mesmo tempo</i>]		
T-224: Maria: Prô, dá uma dica pra gente!		CE: Maria novamente solicita colaboração para a professora.
T-225: Professora: Ah? A gente já sabe que vai dar certo do 60 ir junto com o de 65. Tá bom? Estou dando a dica. A gente já descobriu isso... [Maria: Ah, isso a gente já sabe!]. Tá, e aí como é que vai fazer para o de 80 também chegar do outro lado?	Repetição de PPS	CE: A professora acredita que já está colaborando ao dizer que é certo os amigos de 60 e 65 quilos irem juntos. Porém, ela não toma consciência de que isso os alunos já sabem e que eles precisam de novos direcionamentos para superar suas contradições. Seu esforço é improdutivo. Ela se vê também numa tensão entre não dá as respostas para os alunos e tentar ajudar.
T-226: Diego: inaudível		
T-227: Professora: Ô Ana, você chegou perto, o que foi que você falou aquela hora? Da última vez...		CE: A professora tenta mais uma vez dar pistas ao mencionar que a Ana chegou perto da solução. Seu esforço é improdutivo.
T-228: Alunos: Vai nadando...vai nadando...		C-Alunos manifestam novamente contradições ao retomar o problema de os amigos irem nadando. Eles retornam novamente à lógica cotidiana para analisar o PD. I-Alunos imaginam ser possível que as pessoas atravessassem nadando.
T-229: Professora: Perae!		CP: A professora procura gerenciar o conflito pedindo ordem.
T-230: Ana: O de 60 vai com o de 65... E depois vai o de 80. [inaudível]		CE: Ana contribui ao retomar a lógica do PD para analisa-lo.
T-231: Professora: Vai os três? Não dá! Afunda o barco.		CE: Professora perde a oportunidade de pedir para aluna explicar melhor sua proposição. A mesma infere que a aluna havia pensado na possibilidade de irem os três juntos e refuta a ideia. Sua colaboração neste caso é improdutiva.
T-232: Alunos: inaudível		
T-233: Professora: Ah? Heim, Ariel!		
T-234: Maria: inaudível		
T-235: Professora: Vamos fazer assim ó: Faz de conta, que o Rian, vem cá. O Rian é a pessoa... isso.. Ele é o maior então ele é o de 80. Faz de conta que ele. O Hugo é o de 65, levanta. E o Nicolás é o de 60. Os três estão lá do outro lado do rio (encosta lá na parede). Oh! 80, 65 e 60 quilos, tá? Faz de conta que tem um barco aqui vazio, parado na beira do rio.		CE e CP: Professora percebe o conflito geral da turma ao não conseguirem sozinhos resolverem o PD e propõe uma simulação com os alunos para dramatizar o PD. Essa colaboração foi produtiva (turnos 235 a 2
T-236: Professora: Você senta na cadeira Fabrício e presta atenção.		CP: Ordena que o aluno se sente e preste atenção.
T-237: Professora: Aqui oh! É o outro lado do rio. Como é que a gente vai atravessar os três pra lá?	Repetição de PPS	CE: Inicia a simulação, questionando como farão para atravessarem o rio, levando em consideração as condições do PD.

T-238: Aluno NI: Vai o de 60 ...[inaudível]		
T-239: Professora: Perai! Perai! Quem é que vai primeiro no barco?	Repetição de PPS	CE: Professora quer saber quem fará a primeira travessia.
T-240: Natan: Eu!		
T-241: Aluno NI: 60!		
T-242: Professora: Vamos pôr o de 60 no barco. O de 60 já está no barco. E agora?		
T-243: Alunos NI: 65!		
T-244: Professora: Poe o de 65, beleza!		
T-245: Aluna: Agora leva pra lá [<i>uma aluna indica que a professora tem que levá-los para o outro lado da sala. As crianças que representam os homens de 60 e 65 vão para o outro lado da sala</i>]		
T-246: Professora: Okay, o barco leva os dois para o outro lado do rio. Vai lá! Para aí do outro lado do rio.		
T-247: Maria: Aí o de 60 vem.		
T-248: Professora: E agora, quem é que vai voltar?	PPS	CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste.
T-249: Alunos NI: O de 60		
T-250: Professora: Tá! Vem cá! Agora tem aqui... Quanto é que ele pesa mesmo, o Nícolas?		
T-251: Fabrício: 60		
T-252: Professora: 60. E quanto é que o Rian pesa?		
T-253: Alunos NI: 80		
T-254: Professora: 80. Eu posso pôr os dois no barco?	Repetição de PPS	CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste.
T-255: Alunos NI: Não!		
T-256: Aluno: Não! Afunda!		
T-257: Professora: Vai dá...?		
T-258: Alunos NI: 140		
T-259: Professora: 140. Vai acontecer o que?	Continuação do PPS anterior	CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste.
T-260: Alunos NI: Afunda!		
T-261: Professora: Vai afundar...então, não vamos afundar o barco não...		
T-262: Adriano: inaudível		
T-263: Professora: <u>olha que legal aquilo que ele pensou ó!</u> Olha o que que o Adriano falou. Repete bem alto para ver se dá certo isso.		Professora gosta da ideia do aluno e pede para repeti-la. Reformular a mesma afirmação: aluno fará essa reformulação
T-264: Adriano: O de 80 vai. Ai o de 65 volta para pegar o de 60.		O aluno conseguiu resolver o problema.
T-265: Professora: Vamos tentar para ver se dá certo?		CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste.

T-266: Alunos NI: Vamos!		
T-267: Maria: <u>Aê!!!!</u> [<i>Maria bate palmas comemorando o possível acerto do colega. A aluna parece ter percebido a resolução do problema</i>].		
T-268: Professora: Quem é o de 80? Vem cá! Só ele?		CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste. A professora quer se certificar de que o de 80 irá sozinho, ao mesmo tempo ela possibilita que o aluno reflita sobre essa condição.
T-269: Aluna: Não! E o de 60?		Aluna interfere no raciocínio do Adriano de forma contraditória.
T-270: Alunos: Só ele, só ele!		
T-271: Professora: Hã? Não, a ideia é do Adriano, tá?		
T-272: Adriano: Só ele.		
T-273: Professora: Só ele! Ele pode ir sozinho no barco?	PPS	CE: Professora contribui ao pedir para os alunos colocarem a hipótese em teste. Essa foi a questão chave colaborativa que ajudou os alunos a solucionarem o PD. A professora quer se certificar novamente de que o de 80 irá sozinho, possibilitando que todos ouçam essa forma nova de pensar.
T-274: Alunos: Pode!		
T-275: Professora: Então vamos! Vai! O barco levou o de 80		
T-276: Maria: Aí o de 65 vem para buscar o de 60 e leva pra lá!		CE: Maria antecipa a resolução, pois a mesma já compreendeu que o problema foi solucionado.
T-277: Professora: Volta de 65!		
T-278: Diego: Ai... Deu certo professora!		Aluno reconhece a solução.
T-279: Professora: Pode entrar no barco os dois?	PPS	CE: A professora lança nova pergunta para certificar de que não há mais contradições.
T-280: Alunos: Pode.		CE: Alunos confirmam a pergunta, o que demonstra que compreenderam o PD.
T-281: Professora: Então vai!		
T-282: Alunos: Aê!!!!!! [<i>alunos ficam contentes em solucionar o problema que batem palmas – enquanto isso, a professora distribui para cada aluno uma folha de atividade.</i>]		
T-283: Professora: Pronto!		CP: Professora organiza a turma.
T-284: Alunos: inaudível		

T-285: Professora: Então agora vocês receberam uma folhinha (cuidado senão você vai cair) que está escrito assim: nome: Professora M. Vocês vão completar aí com o nome de vocês e responder: “ <i>agora que você já resolveu o desafio da travessia do rio, escreva e desenhe o que você fez para resolver o problema</i> ”, tá?! O que vocês fizeram. <u>O que vocês fizeram para chegar na resposta?</u> Na resposta, o que a gente fez para chegar na resposta? [Diego: eu que dei a primeira dica...] <u>O que é que a gente teve que pensar ali?</u>		CP e CE: Professora solicita que os alunos registrem como resolveram o PD
T-286: Aluno: O de 60 e o de 65... [inaudível] ... aí o outro foi e buscou o de 80. O de 80 foi. Aí veio de 65 e buscou o de 60.		CE: Aluno explica perfeitamente a solução do PD.
T-287: Professora: Sim, mas o que é que nós fizemos nisso de ficar: 80 mais 60 mais... <u>O que é isso que a gente fez?</u>		CE: A professora confirma o raciocínio do aluno, mas pede que eles registrem em seus cadernos os cálculos que foram necessários para encontrar a solução.
T-288: Aluno: Contas		
T-289: Professora: Hã?		
T-290: Aluno: Contas.		
T-291: Professora: Nós fizemos cálculos, né? Contas, né? Tivemos que fazer cálculos. E aí porque foi possível... Olha a outra pergunta Fábio!!! “ <u>Por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio?</u> ” Por quê?		CE: A professora problematiza novamente com os alunos para avaliar se houve a compreensão do PD. Turnos 292 a 302.
T-292: Maria: Porque o de 80 foi primeiro...[falas ao mesmo tempo...]		
T-293: Aluno: Não! Primeiro foi o de 65 mais o 60...foram os dois juntos...[inaudível]		
T-294: Maria: Primeiro foi o de 60, aí depois o 60 voltou aí pegou e colocou o de 80 no barco e o de 65...		
T-295: Professora: Fábio , senta! Fábio, por favor, senta!		CP: Professora ordena que o aluno sente na sua cadeira.
T-296: Professora: <u>Então, mas aí, porque que foi possível? Se a gente tivesse colocado mais de 130 teria acontecido o que?</u>		CE: Professora procura sistematizar o PD retomando o raciocínio que utilizado para resolver o PD. Turnos 296 à 302.
T-297: Aluna: Afundado		
T-298: Professora: <u>Então porque que não afundou? Por que que eles conseguiram atravessar?</u>		
T-299: Aluna: Por causa do cálculo		
T-300: Professora: Porque a gente calculou? E aí colocou o peso certo e deu para atravessar? Tá! Então responda aí as perguntas. Renan!!!		
T-301: Diego: Desenhe! Desenhe!		
T-302: Professora: Ah! Desculpa! Desenhe. Desenhe o que você fez! E na de baixo é respondam: por que foi possível levar as três pessoas para o outro lado do rio? Quem ainda tem dificuldade para escrever desenha também, mas quem consegue escrever... Já dá!		