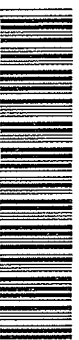


Gionara Tauchen
João Alberto da Silva
(Organizadores)

Educação em ciências: epistemologias, princípios e ações educativas

DEDALUS - Acervo - FE



20500100945 X

 EDITORA CFV

SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS - SEIS: o que os alunos aprendem?

Anna Maria Pessoa de Carvalho
Lúcia Helena Sasseron

Desde o início da década de 90 temos pesquisado sobre o ensino e a aprendizagem de Ciências para os primeiros anos do Ensino Fundamental (CARVALHO, 1991) sendo que parte destas pesquisas se transformou em material didático para a formação de professores (CARVALHO *et.al.* 1998, www.lapet.fe.usp.br). Na verdade nestes anos estávamos preocupadas com a introdução do conhecimento Físico para esse nível escolar, mas sempre pensando em um ensino voltado para a inserção dos alunos na cultura científica (CARVALHO 1997; 1998).

Nosso primeiro objetivo foi procurar saber se esses alunos conseguiram resolver um problema experimental de conhecimento Físico. Para alcançarmos essa meta tínhamos de abranger dois campos de investigação: como traduzir os fenômenos Físicos em problemas que fossem interessantes para os alunos, possível de serem resolvidos e principalmente que suas resoluções encaminhassem os estudantes na direção dos conhecimentos científicos e, também, como organizar o ensino em sala de aula de modo a criar um ambiente que proporcionasse aos alunos liberdade de pensarem, discutirem e construírem seus próprios conhecimentos.

Na primeira etapa, a da construção dos problemas, muito nos ajudou os trabalhos de epistemologia genética de Piaget e colaboradores principalmente a obra de Piaget e Garcia (1973), pois nestes estudos encontramos como o indivíduo, ao ir construindo o conhecimento, vai modificando o seu entendimento da natureza. Podemos citar como exemplo desta influência os problemas referentes ao conceito de sombra: quando planejamos essa atividade já sabíamos que inicialmente as crianças pensam sombra como matéria, com o mesmo formato do objeto, e que algumas relacionam a sombra com a

cor deste objeto e, além disso, o conceito de sombra não é percebido como tridimensional, confundindo-se com o conceito de projeção da sombra. Assim, a partir destes conhecimentos, elaboramos dois problemas: o primeiro utilizando como material experimental uma fonte luminosa e cartões de formatos e cores diferentes, quando a questão proposta foi obter sombras iguais com figuras diferentes. Com esse problema verificamos que os alunos construíam o conceito de sombra, superavam o conceito de sombra como matéria e a dependência da cor do objeto, mas não diferenciavam sombra da projeção da sombra. Organizamos, então, um segundo problema com a mesma fonte luminosa, um anteparo que projetasse sombra no chão e peças de isopor de diversos formatos e tamanhos. Propusemos o problema: como colocar o maior número de peças dentro da sombra. Ao resolverem esse problema os alunos construíram a ideia de sombra tridimensional. (GONÇALVES; CARVALHO 1994a, 1994b, 1995).

Outros trabalhos piagetianos, como os livros escritos com Inhelder (1976, 1970), nos mostraram, pela análise das entrevistas realizadas, que as crianças resolvem problemas quando estes são apresentados envolvendo a relação entre duas variáveis. Assim ao planejarmos os problemas sobre flutuação dos corpos elaboramos primeiro o problema do submarino, quando pedíamos para fazer um 'submarino' descer e subir na água, sendo as variáveis a quantidade de água (ou de ar) que entrava (ou saía) em um recipiente de volume constante versus afundar ou subir o submarino, e um segundo problema, o problema do barquinho, quando pedíamos para colocar o maior número possível de arruelas em um barco, sendo, neste caso, a variável dependente a distribuição das arruelas pelo (volume do) barco.

As fontes de inspiração para a construção dos problemas, além dos trabalhos em psicologia genética, foram várias, como livros didáticos ou paradidáticos e artigos sobre ensino de Ciências, mas as diretrizes para transformar uma experiência em uma atividade investigativa foram sempre as mesmas: a criação de um ambiente em sala de aula onde os alunos tivessem liberdade intelectual para resolver o problema pela sua própria ação interagindo com seus pares, a verificação que a resolução ia no sentido do conhecimento científico e principalmente que o problema proposto envolvesse com entusiasmo os alunos.

Não tínhamos nenhuma intenção que nossos problemas fossem atividades de 'hand-on' que finalizam com a resolução mani-

pulativa do problema pelos alunos, assim procuramos investigar o processo da passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na construção dos conhecimentos científicos em sala de aula, pois temos claro que uma das principais finalidades das disciplinas escolares é que o aluno aprenda tanto os conteúdos conceituais, isto é, construtos teóricos, como os conteúdos processuais e atitudinais. E foi nessa passagem – da resolução manipulativa dos problemas pelos alunos à construção social do conhecimento em sala de aula – que se concentraram as pesquisas que desenvolvemos, tanto em relação à aprendizagem dos alunos quanto ao papel desempenhado pelo professor na condução dos trabalhos dos alunos, pois tínhamos como ponto de partida o ensinamento de Vigotsky (1984) que 'as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais'.

A organização do ensino em sala de aula para o desenvolvimento de uma *atividade de ensino investigativa* foi proposta em vários artigos (CARVALHO *et al.* 1998; CARVALHO 2004, 2007, 2011) e, apesar de não ser o foco do presente trabalho, podemos resumidamente, descrevê-la nas seguintes etapas:

- A resolução do problema em pequeno grupo, quando o papel da professora é de orientação, verificando se o grupo entendeu corretamente o problema e se todos os alunos estão participando das discussões.
- A discussão professor/classe com dois focos: a resposta ao 'como' resolveram o problema e 'o porquê deu certo'. As respostas a estas duas perguntas principais encaminham os alunos à construção do conhecimento científico (como veremos na apresentação das pesquisas realizadas).
- A aplicação do conhecimento construído na realidade dos alunos feito pelo professor com perguntas simples do tipo 'aonde vocês encontram isso'.
- A escrita pelos alunos, individualmente, do que aprenderam na aula.

Tínhamos organizado atividades investigativas para o ensino de ciências, desde a construção dos problemas à metodologia de ensino, tendo fundamentado nossas propostas para o trabalho com

os alunos nos pressupostos socioconstrutivistas, entretanto a questão que nos propúnhamos era: o que aprendem os alunos com essas atividades? Será que eles constroem realmente conhecimentos na direção do conhecimento científico? Como cada etapa de nossa proposta contribui para a construção do conhecimento científico? Os conhecimentos construídos são dependentes da cultura?

O que os alunos aprenderam nas atividades de ensino investigativas

Fizemos uma série de pesquisas visando responder as questões acima (REY 2000; OLIVEIRA 2003; CARVALHO 2004; SASSERON 2005; SEDANO 2005; LOCATELLI 2006; PADILHA 2008), sendo que todos estes trabalhos tiveram a mesma metodologia de coleta de dados: partimos dos vídeos gravados em sala de aulas que tinham o aceite de seus professores e dos pais dos alunos para que nós pudéssemos utilizá-los em nossas pesquisas. Transformamos os vídeos em dados para estudarmos cada um dos objetivos de propostos (CARVALHO 1996, 2011). Utilizamos, quando necessário, como dados secundários, entrevistas e trabalhos dos alunos.

Estudando a primeira etapa da aula, quando os alunos estão trabalhando em grupo pequeno para resolver o problema, verificamos o aprendizado de conhecimentos processuais importantes para a construção do conhecimento científico: é nessa etapa que os alunos levantam hipóteses visando separar as variáveis que influenciam no fenômeno; por ex. no problema do submarino eles mostram, em suas ações, que quando conseguem colocar água o submarino desce e quando logram colocar ar ele sobe, ou no problema das sombras e quando logram colocar ar ele sobe, ou no problema das sombras iguais eles, ao procurarem formar sombras iguais, colocam o quadrado (ou o círculo) menor mais perto da luz e o quadrado (ou círculo) maior mais longe. Eles também veem que tanto o quadrado branco como o preto formam sobras iguais. Entretanto todos esses conhecimentos estão muito dispersos no trabalho e na discussão entre os membros do grupo.

Além dos conteúdos processuais o trabalho em grupo se torna relevante na formação da autonomia moral do estudante, pois tem um foco muito especial na valorização das atuações dos alunos. A autonomia moral é vista como o resultado de uma iteração cooperativa.

tiva com os demais membros de uma sociedade (LA TAILLE 1998), não sendo, portanto, imposta de fora para dentro, mas sim construída pelo sujeito em interações sociais pautadas nos valores e regras da autonomia moral. Sedano (2005) estudou essa questão procurando conhecer quais são as atitudes dos alunos durante os trabalhos em pequenos grupos. Procurou as manifestações do aluno que evidenciavam as atitudes de participação e interação com o grupo, as que demonstravam atitudes de descentração, quando ele conseguia ver um ponto de vista diferente do seu e as atitudes de convivência com valores (opiniões ou atitudes) antagônicos e conflitantes. O resultado de sua investigação mostrou que as atitudes de interação, descentração e cooperação prevalecem, mas também as atitudes de conflito, discórdância e confronto apareceram no trabalho em grupo. Apesar de ser a minoria no conjunto da análise, consideramos importante a liberdade que os alunos têm de expressar tais atitudes uma vez que nossa proposta tem a preocupação em formar sujeitos autônomos e conscientes de seus direitos e deveres.

Depois dos grupos terem resolvido o problema, *a discussão se abre, agora conduzida pelo professor*, com o objetivo de sistematizar as ideias e soluções apresentadas pelos grupos. Nesta etapa procuramos pesquisar a aprendizagem dos alunos e o trabalho do professor com a finalidade de compreender como se processava, em sala de aula, durante o ensino, essa passagem tão importante – da construção do conhecimento através da ação manipulativa em grupo (hands-on), para a construção, primeiramente coletiva e depois individual do conhecimento científico (minds-on).

Na interação professor/classe as sistematizações das observações realizadas durante a resolução experimental do problema caminham, pelo direcionamento das questões do professor, primeiramente para a busca das evidências encontradas no trabalho em grupo. Ao relacionarem as evidências, a classe vai consolidando as variáveis que influenciam a resolução do problema e tomando consciência das relações entre essas variáveis, iniciando assim, a construção dos raciocínios científicos (CARVALHO 2004, LOCATELLI 2006). Voltando ao exemplo do problema das sombras iguais, ao relatar como resolveram o problema e por que o problema deu certo, os alunos mostram com palavras e gestos a relação entre os tamanhos das sombras e as distâncias da fonte de luz, e nesse relato iniciam-se no raciocínio

proporcional: 'quanto mais perto, maior é a sombra, quanto mais longe menor ela é', e no raciocínio lógico se/então/portanto, 'se eu for pondo ele mais para cima, então a sombra vai ficando maior até ficar igual à outra'. (LOCATELLI; CARVALHO 2007). Outro raciocínio encontrado durante a discussão sobre as variáveis que influenciam na resolução do problema e a reafirmação por ex. 'não, a cor do anteparo não influencia na sombra' (LOCATELLI, 2006).

Ainda na interação professor/classe, quando o direcionamento das questões leva à obtenção de uma possível explicação do por que o problema foi resolvido, encontramos nas falas dos alunos, mais do que uma relação entre variáveis, encontramos o que Lederman (2006) chamou de 'inferência', isto é, palavras ou frases sobre o fenômeno, que não são "diretamente" acessíveis aos sentidos. Por exemplo, ao explicar o porquê da água poder chegar mais longe os alunos falam em 'pressão', ao explicar o porquê da bolinha carid dentro da cestinha os alunos explicam pelo 'impulso'. Encontramos essa mesma construção em quase todos os problemas (CARVALHO, 2004). Lederman (2006) propõe que em um Ensino de Ciências, quando se tem por meta a introdução da Natureza das Ciências, e esse é o nosso objetivo, é crucial levar os alunos a tomarem consciências entre a observação, que vai dar origem leis científicas, e inferência que vai construir os conceitos e teorias.

As atividades de ensino investigativas devem ser planejadas para levar o aluno a se expressar por meio da escrita individual, pois é por meio da linguagem escrita que os cientistas se comunicam, quer nos congressos, quer nos artigos que publicam. Não existe ciência sem artigos científicos, e não deve existir ensino de ciência sem ensinar os alunos a escrever ciência. Entretanto a escrita não é uma tarefa fácil, pois como mostra Rivard e Straw (2000) o discurso oral é divergente, altamente flexível, e requer pequeno esforço de participantes enquanto eles exploram ideias coletivamente, mas o discurso escrito é convergente, mais focalizado, e demanda maior esforço cognitivo do escritor. Levar os alunos a escreverem nas aulas de ciências, desde as primeiras séries do fundamental, é criar condições para que eles se iniciem neste esforço cognitivo de procurar as ideias fundamentais do trabalho realizado e dos pontos discutidos e de saber colocar no papel suas ideias, seja pela escrita ou utilizando-se de desenhos. O emprego desses dois modos de

linguagem – a oral e a gráfica – é fundamental na consolidação do conhecimento científico pelo aluno.

Oliveira (2003) se debruçou sobre o problema de entender como alunos dos primeiros anos do ensino fundamental, que participaram das atividades de ensino investigativas que organizamos, se expressavam através da linguagem escrita e dos desenhos ao final de cada aula. Para sua pesquisa analisou 30 registros apresentados pelos alunos de uma classe de terceiro ano de uma escola pública da cidade de São Paulo. Sua análise mostrou que houve uma predominância do aspecto tipológico *relatar* entre os textos analisados, entretanto levando em conta que a intenção comunicativa do aluno era contar sobre a atividade, que a necessidade temática do texto estava relacionada com a experiência vivida e que seu parecido na comunicação verbal era o professor, era mesmo de se esperar que a maioria dos textos tivesse um perfil de relato, de descrição dos fatos ocorridos. Em todos os textos analisados as ordens dos fatos ocorridos durante as atividades apareceram organizados cronologicamente, o que sugere o uso coerente de uma organização temporal da atividade no momento de expressar suas ideias no texto escrito, mesmo naqueles registros que indicavam que os alunos não compreenderam a proposta da atividade.

Outro ponto analisado foram os verbos de ação utilizados pelos alunos nos textos, pois no permite perceber as operações necessárias e relevantes para os alunos durante a realização da atividade no intuito de conseguir o efeito desejado na experiência. E essa utilização foi grande. Além disso, a predominância do uso da primeira pessoa do discurso no plural mostra que os alunos colocam-se como participantes ativos na aula juntamente com seus colegas de equipe. Nos registros analisados, o desenho contribuiu muito para a compreensão do texto escrito, mostrando que os alunos têm necessidade do apoio "concreto", gráfico, para se expressarem de maneira mais clara. Os alunos conferem um mesmo empenho na realização do desenho e do texto por entenderem que fazem parte de um mesmo registro e por isso são fundamentais. Apesar das inferências científicas terem aparecidos em todas as aulas durante as discussões, nos relatos escritos apareceram somente em dois dos textos analisados, o que mostra a dificuldade da tomada de consciência da passagem da observação à inferência na explicação dos problemas.

Para estudar a se os conhecimentos construídos pelos alunos nas atividades de ensino investigativos que planejamos sofrem influência da cultura Sasseron (2005), em um estudo de caso, buscou analisar algumas aulas específicas de Ciências de uma escola indígena com o objetivo de identificar quando e como a cultura do aluno pode influenciar seu trabalho na resolução de um problema investigativo. Apoiadas na experiência vivida durante o Curso de Formação de Professor Indígena para o ciclo I do Ensino Fundamental, foram aplicadas, com alunos da Escola Estadual Indígena Tupi Guarani Ywy Pyaú, de Peruíbe, estado de São Paulo, algumas atividades de conhecimento físico a fim de encontrar evidências que demonstrem o aparecimento de influências culturais durante a investigação em busca da solução do problema proposto. Ao fim, a autora mostrou a existência de muito pouca influência cultural.

Das Atividades de Ensino Investigativas à Sequências de Ensino Investigativas

As *atividades de ensino investigativas* que tínhamos organizados, e sobre as quais planejamos as pesquisas acima descritas, foram todas visando o ensino e a aprendizagem de conhecimentos Físicos, através de problemas experimentais. Entretanto o ensino de Ciências na escola fundamental vai além destes conhecimentos e de atividades experimentais. Deparamos-nos então com a seguinte questão: *é possível organizar sequências de atividades investigativas abrangendo outros conteúdos curriculares, e outras atividades didáticas, mas de tal forma que em todas as atividades programadas na sequência os alunos interajam construindo seus próprios conhecimentos?*

Tendo por objetivo responder essa grande questão nos deparamos novamente com o mesmo ciclo de pesquisa que já tínhamos enfrentado quando começamos a trabalhar com as atividades de conhecimento físico: preparar material didático para o ensino, verificar o que os alunos aprendem com esse ensino em situações controladas, formar professores e expandir esses conhecimentos propondo as sequências para outras escolas. Descrevo abaixo, de modo sucinto, esses três tipos de investigações, que apesar de terem estruturas metodológicas e referenciais teóricos diferentes são completamente entrelaçadas, pois todo material didático só é válido se dá susten-

tação à atividade dos professores em seus ensinos e possibilita a aprendizagem dos alunos.

Tínhamos primeiramente de organizar sequências de ensino que fossem constituídas por várias atividades, que abrangessem diversos conteúdos programáticos, mas que tivessem um encadeamento natural. Este trabalho requereu um grupo interdisciplinar de investigadores – físicos, biólogos e pedagogos.

Essas atividades não poderiam ser somente problemas experimentais, deveriam ter também problemas cujos dados fossem obtidos por pesquisas bibliográficas (mesmo para esse nível de ensino) e problemas de ‘pensamento’, apresentados em textos que organizamos para introduzirmos conceitos que seriam importantes para o entendimento de outras atividades, são os textos que denominamos ‘Para saber mais’. Entre outras atividades interessantes para os alunos foi importante também planejarmos textos sistematizados das discussões ocorridas durante as aulas dos diversos tipos de resolução de problemas, pois esses textos foram sistematicamente pedidos pelos professores – devido ao grande número de alunos em suas classes, e pela insegurança dos pais em um ensino tido como inovador. A falta desses textos sistematizadores já tinha sido sentida quando os professores aplicavam as atividades investigativas de conhecimento físico.

Mas, ainda assim, todas as atividades planejadas deveriam ter caráter investigativo, isto é, deveriam ser problematizadas para os alunos, deveria se dar em um ambiente de engajamento intelectual dos estudantes, no qual por meio da argumentação, os conceitos, as atitudes e os processos científicos tivessem a oportunidade de serem construídos. As atividades deveriam terminar com um trabalho escrito individual.

O planejamento das sequências de ensino investigativas requereu muita pesquisa bibliográfica em materiais didáticos, nacionais e internacionais, produzidos para o ensino de ciências para os primeiros anos do ensino fundamental, discussões com o grupo de pesquisadores e testes em sala de aula na Escola de Aplicação da FEUSP. Organizamos várias sequências de ensino investigativas, sendo que para duas dessas – as sequências ‘Navegação e Meio Ambiente’ e ‘Submersão do Nautilus’ – já desenvolvemos alguns ciclos de pesquisas, isto é, organizamos o material didático (textos e material

experimental), as aulas foram dadas em duas escolas nas quais trabalhamos com os professores e gravamos as aulas em vídeo para análise da aprendizagem dos alunos.

Um pouco sobre as sequências de ensino investigativas 'Navegação e Meio Ambiente' e 'Submersão do Nautilus'

Escolhemos essas duas sequências para as pesquisas em sala de aula, pois elas apresentam diferenças nas suas organizações e finalidades: a sequência 'Navegação e Meio Ambiente' teve por objetivo levar os alunos a discutirem os problemas ambientais causados pela água de lastro dos navios e consequentemente a extinção de algumas espécies de indivíduos enquanto a sequência 'Submersão do Nautilus' teve objetivos mais interdisciplinares levando os alunos a interagirem com o livro '20 000 Léguas Submarina' de Julio Verne e com conceitos de biologia e geografia. Ambas foram pensadas para os alunos do quarto ano do Ensino Fundamental, e compostas de dez atividades(aulas).

Descrição sucinta da sequência de ensino investigativa 'Navegação e Meio Ambiente':

Atividade 1 – Uma atividade de conhecimento físico: O problema do barquinho. Esta atividade é um dos problemas de conhecimento físico propostos por Carvalho *et al* (1998), e que está em vídeo no site <www.lapelfe.usp.br>. O problema instiga os alunos a construir um barquinho, em folhas de papel alumínio que consiga, quando colocado sobre a água, carregar o maior número de aruelas de ferro (ou pedrinhas) sem afundar. O objetivo da atividade é fazer com que os alunos percebam a relação entre a massa colocada sobre o barquinho e a área existente para acomodar esta carga. Desta relação depende a flutuação do barquinho. Além disso, os alunos também devem notar outro fator imprescindível para a flutuação: a necessidade da distribuição uniforme da carga por toda a área do barco.

Atividade 2 – Leitura e discussão do texto "Conversando um pouco sobre o problema do barquinho...". Os alunos recebem um texto sobre a atividade realizada anteriormente. O objetivo deste texto é sistematizar as ideias discutidas anteriormente e, por ven-

tura, complementar algum ponto importante para as discussões que estão por vir e que não foram, ainda, contempladas durante as conversas entre alunos e professor.

Atividade 3 – Discussão sobre barcos: os diferentes tipos e suas utilidades. Problema de pensamento. Esta atividade deve ser realizada em pequenos grupos com a finalidade de discutirem entre si e registrem suas conclusões sobre quais as utilidades dos barcos, a existência ou não de diferentes barcos e o porquê dessa variedade. Nesta discussão, esperamos que o professor leve os alunos a discutirem como as características físicas de um barco estão relacionadas com a sua utilidade.

Atividade 4 – Investigação a partir de pesquisa realizada fora da sala de aula: Trabalho com imagens de embarcações. Pesquisa bibliográfica. Em uma aula anterior, o professor deverá solicitar aos alunos uma pesquisa sobre diferentes embarcações e os alunos deverão trazer para a sala de aula desenhos e/ou fotografias de embarcações e o nome de cada uma delas. Novamente reunidos em pequenos grupos, os alunos são iniciados a trabalhar com as imagens trazidas tecendo comparações entre elas. Pede-se que eles procurem as semelhanças e diferenças entre as embarcações e comentem sobre o porquê de haver estas diferenças. Suas anotações e comentários devem ser registrados em um texto.

Atividade 5 – Texto para saber mais: "Mantendo navios na água" Esta atividade apoia-se na leitura e discussão do texto entregue aos alunos. Este texto, em comparação aos anteriores, é mais informativo. A ideia do lastro é aqui apresentada e cercará as discussões das próximas atividades. Na leitura, os alunos tomam conhecimento do que seja o lastro, sua finalidade, como e quando ele é utilizado, tipos de lastro e a forma mais comum utilizada hoje em dia: a água como lastro. É um momento de seriar e de organizar informações necessárias para o bom andamento das discussões que estão por vir.

Atividade 6 – Leitura e discussão do texto "Vida marinha na água de lastro". O professor deve promover discussões para que os pontos centrais apresentados sejam discutidos entre os alunos. As discussões deverão girar em torno da possibilidade de existência de seres vivos na água dos tanques de lastro e as consequências que podem surgir quando um navio leva estes seres de um ponto para outro

do globo terrestre. É importante que variáveis como: condições de vida, presença ou não de predadores, presença ou não de alimentos sejam colocadas em pauta para que os alunos possam começar a testar hipóteses sobre os possíveis “futuros” destinados aos seres vivos que viajam na água de lastro.

Atividade 7 – Jogo “Presa e Predador”. Com o jogo “Presa e Predador”⁴², trazemos à tona a discussão sobre as relações existentes entre diferentes indivíduos de uma cadeia alimentar e as consequências advindas do crescimento ou da diminuição de uma destas espécies. Esta atividade é desenvolvida como uma brincadeira pega-pega em que os alunos representam, a cada rodada, o papel dos seres vivos de três espécies diferentes: plantas, tapitis (um coelho brasileiro) e jaguatiricas.

Ao término de cada rodada, realizadas as devidas alterações de papéis, o professor deve contabilizar o número de indivíduos de cada espécie. Isso permite que seja construída uma tabela com os dados obtidos nas várias rodadas da brincadeira. Esta tabela será essencial para as discussões que virão a seguir quando serão colocadas em foco a dinâmica das populações e a estreita relação existente entre os diferentes seres vivos personagens do jogo. Trata-se de uma atividade lúdica e novos conceitos não são trabalhados neste momento, mas esta proposta é essencial para o desenvolvimento das discussões abordadas nesta sequência didática, pois ela permitirá que os alunos construam agora, ou por meio desta aula, as bases para as argumentações que serão desencadeadas nas atividades a seguir.

Atividade 8 – Análise dos dados da tabela. Os alunos deverão receber a tabela com os dados contabilizados durante a realização da atividade anterior e, em pequenos grupos de 4 a 5 participantes, são incentivados a responder a uma série de questões. As primeiras perguntas permitem que os alunos comecem a perceber as relações existentes entre cada espécie e como o comportamento demonstrado por uma delas pode influenciar na existência da outra. Terminado o trabalho de análise da tabela, inicia-se a segunda etapa da atividade. Neste momento, deverá acontecer uma discussão geral com a sala em que aos alunos apresentam os resultados e opiniões sobre as questões debatidas no pequeno grupo. É a hora de trazerem à tona

evidências das relações entre as espécies apoiadas nos comportamentos das mesmas, vislumbrados por meio da análise da tabela.

Atividade 9 – Leitura e discussão do texto de sistematização “Entendendo o jogo Presa e Predador”. O objetivo desta atividade é retomar as regras do jogo e, a partir delas, deixar claras as relações existentes entre as espécies participantes enfatizando, principalmente, como as alterações em uma delas traz consequências para as demais. É importante haver uma discussão em que sejam explicitadas as relações entre as espécies a fim de que possíveis pontos ainda não compreendidos pelos alunos possam ser colocados em pauta mais uma vez. Ao fim, pede-se que os alunos registrem suas conclusões sobre o jogo “Presa e Predador”.

Atividade 10 – Leitura e discussão do texto “A história do mexilhão viajante”. Um novo e importante dado é apresentado neste texto: a introdução de mexilhões dourados no sul do Brasil trazidos pela água de lastro. O texto traz informações sobre a espécie em questão e também informa sobre a fácil adaptação desta espécie de mexilhão ao clima e ao ambiente das águas da região sul de nosso país, o que a levou a se tornar, lentamente, um grande problema para aqueles que utilizam em seu dia a dia, para diferentes finalidades, as águas onde há estes mexilhões, pois estes seres vivos se instalam com grande facilidade nos cascos e motores de embarcações, em tanques de água e até mesmo em tubulações dos serviços de distribuição de água e turbinas de usinas hidrelétricas produtoras de energia. Ao final do texto, são apresentadas discussões sobre formas de impedir que a presença destes mexilhões torne-se um grande problema social, econômico e ambiental. Os alunos são convidados a discutir suas ideias para a resolução do problema levando em conta as discussões anteriormente ocorridas em sala de aula. Pede-se, por fim, que eles registrem suas ideias na forma de um pequeno texto.

Descrição sucinta da sequência de ensino investigativa ‘Submersão do Nautilus’:

Atividade 1 – Problema experimental. Essa atividade se inicia contextualizando a temática a ser tratada no decorrer das próximas aulas. Traz um texto que se remete ao escritor Julio Verne e sua história ‘20000 léguas submarinas’. Após a leitura desse texto introdutório, é proposto o problema experimental ‘o submarino’ (Carvalho *et al* 1998 e que está em vídeo no site <www.lapef.fe.usp.br>). Na

42 Atividade adaptada de Subsídios para Implementação de Biologia para o 2º Grau. Brasil, CECISP-CENP, 1980, v.1, pp.45-47

resolução desse problema verificam que quando o submarino está cheio de água ele desce e quando está cheio de ar ele sobe.

Atividade 2 – Texto de sistematização e introdução de um novo problema. A segunda atividade é um texto que sistematiza os conceitos trabalhados no problema do submarino. O texto retoma a problemática, o como foi feito para o submarino afundar e flutuar e por que fazendo dessa forma o submarino sofreu o resultado esperado. O professor faz uma leitura compartilhada do texto, dando espaço para que os alunos levantem pontos que julguem mais interessantes, mediando uma discussão entre toda a classe. No final do texto, surge a possibilidade de se conhecer a vida nas profundezas do mar com o submarino. Uma nova questão então é colocada: *Como será que o peixe faz para controlar sua posição em relação à profundidade do mar?* Essa aula termina com uma discussão em pequenos grupos sobre a pergunta e com o registro escrito individual das conclusões alcançadas pelo grupo.

Atividade 3 – Texto de sistematização. Este texto procura sistematizar a discussão ocorrida na atividade anterior trazendo informações sobre diferentes tipos de peixes, suas características e sobre os diferentes mecanismos que os peixes usam para subirem e descerem na água. Após a leitura desse texto é proposto um roteiro de leitura individual, em que o aluno tem que buscar informações no texto solicitadas pelo professor. Depois da discussão com toda a classe sobre as informações coletadas, os alunos são levados a pensar sobre a profundidade e extensão dos oceanos, a quantidade de água que tem nele, e a forma como os cientistas organizam a água no nosso planeta. Nesse momento é apresentado aos alunos o planisfério político do mundo com a localização dos oceanos e mares no planeta, para que os alunos possam situar os oceanos no mundo.

Atividade 4 – Análise de dados de uma tabela. Na quarta aula, os alunos analisam uma tabela com a profundidade dos oceanos e mares do planeta Terra e também observam no planisfério político do mundo quais são os oceanos e mares mais próximos do Brasil. A aula termina com uma discussão entre a diferença de oceanos e mares, e apresenta o modo como os cientistas organizam os oceanos de acordo com sua profundidade.

Atividade 5 – Texto para saber mais: As Zonas Oceânicas. Este texto traz informações as características das zonas oceânicas e

possíveis seres vivos que habitam cada uma delas. Após a leitura do texto é proposto aos alunos o exercício de criar perguntas possíveis para respostas existentes em uma cruzadinha já respondida. Ao término da aula, uma pesquisa é passada para a próxima aula sobre animais marinhos. Os alunos devem preocupar-se em buscar animais marinhos, levando em consideração seu nome, suas características físicas, alimentação, hábitos, curiosidade e uma figura desse animal.

Atividade 6 – Análise dos dados da pesquisa bibliográfica. A sexta aula inicia com os alunos reunidos em pequenos grupos para socializar as informações coletadas na pesquisa feita em casa. Após a discussão em pequenos grupos cada qual registra por escrito as curiosidades que mais o impressionaram. O professor apresenta dois quadros com informações sobre animais marinhos e é solicitada aos alunos uma leitura atenciosa, para que eles possam organizar uma lista de semelhanças e diferenças entre esses animais. Depois de fazer esse quadro, os alunos são levados a uma reflexão e ao registro escrito da seguinte questão: *Como animais marinhos com características e hábitos diferentes conseguem viver junto no oceano?*

Atividade 7 – Preparação de material para divulgar seus conhecimentos. Nesta atividade os alunos, em grupos pequenos produzem um cartaz reproduzindo o fundo do mar, com a divisão das zonas e encaixando cada animal a sua respectiva zona.

Atividade 8 – Divulgação do conhecimento. Cada grupo faz uma apresentação do seu trabalho com a possibilidade de se fazer uma exposição pública do trabalho realizado.

Atividade 9 – Texto 'para saber mais'. Este texto traz informações históricas sobre o submarino e o desenvolvimento dessa tecnologia até os tempos atuais. Depois da leitura individual, a professora faz uma discussão sobre o que foi lido com a classe toda.

Atividade 10 – Texto para saber mais. O texto apresenta a lenda de Atlântida, o reino perdido. Nesse texto conta-se um pouco da lenda e faz-se relação ao livro de Julio Verne “20000 Léguas Submarinas”. A aula termina com os alunos desenhando a Atlântida da sua imaginação.

As pesquisas que se desenvolveram a partir destas Sequências

Sasseron (2008) trabalhou com a sequência Navegação e Meio Ambiente, primeiramente mostrando que cada uma das atividades da sequência encontra sustentação em pelo menos um dos três eixos estruturantes da alfabetização científica: *compreensão sobre conceitos e termos científicos, natureza das ciências e relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente*. Tendo como base uma revisão bibliográfica sobre alfabetização científica (Sasseron e Carvalho 2011) a pesquisadora propôs o que denominou de 'indicadores de alfabetização científica' (Sasseron e Carvalho 2008) para análise das falas dos alunos durante as atividades investigativas. A partir dos indicadores de alfabetização científica e da análise da argumentação dos alunos a pesquisadora procurou verificar se os alunos se iniciavam no processo de alfabetização científica nas outras atividades da sequência de ensino além dos problemas experimentais. Na execução desta sequência na Escola de Aplicação da FEUSP, onde todas as aulas foram gravadas em vídeo, ela pesquisou a aprendizagem dos alunos – durante as aulas e em seus trabalhos escritos – nas atividades 5, 6, 8 e 9, isto é, desde a aula em que foi introduzido o conceito de 'água de lastro', até a aula em que o professor levou os alunos a analisarem a tabela proveniente do jogo 'A presa e o Predador' e a leitura e discussão do texto de sistematização.

Após a análise das argumentações orais e dos registros produzidos pelos alunos depois destas discussões, percebeu a existência de uma progressão na utilização dos indicadores da Alfabetização Científica relacionada à complexidade com que o tema vai sendo discutido e ganhando compreensão pelos alunos. Além disso, também observamos conexões entre estes indicadores que nos permitem agrupá-los em duas dimensões do trabalho intelectual investigado: a dimensão estrutural em que fazem parte os seguintes indicadores: seriação de informações, classificação de informações, organização de informações, o levantamento de hipóteses e o teste de hipóteses e a dimensão epistemológica em que aparecem os indicadores: a explicação, a atribuição de justificativa e de previsão. Há ainda dois outros indicadores mais gerais asso-

ciados à dimensão estruturante à dimensão epistemológica: são o raciocínio lógico e o raciocínio proporcional.

Procurando ainda nos aprofundarmos na compreensão de como os alunos constroem seus conhecimentos nas atividades das sequências didáticas, duas outras teses de doutorado foram defendidas tendo por base a análise do ensino da sequência 'Submersão do Nautilus'. Oliveira (2009) buscou analisar as relações existentes entre o discurso oral e o registro escrito, quando esta sequência foi ensinada aos alunos do 4º ano do Ensino Fundamental em três situações diferentes: na atividade 1, quando a escrita foi após um problema experimental; na atividade 2 quando esta veio após a discussão de um texto de sistematização; e na atividade 6 quando relacionou a discussão em grupo pequeno quando discutiam os dados obtidos na pesquisa bibliográfica com o registro dos alunos. Para a realização da análise, foram levados em consideração os seguintes aspectos: a pessoa do discurso utilizada, os verbos de ação empregados, a cronologia dos eventos, a estrutura do pensamento segundo o Modelo de Toulmin, os indicadores da alfabetização científica e o apoio do desenho ao texto escrito realizado. Após a análise pudemos concluir que a discussão oral ajuda os alunos no momento do registro escrito; que os registros escritos de quem participa efetivamente da discussão têm elementos argumentativos superiores ou pelo menos iguais aos da discussão oral; que as ideias circuladas durante a discussão aparecem no registro escrito da atividade de muitos alunos; que a discussão de ideias se faz importante para distribuir conhecimento; e que os registros dos alunos que não participam das discussões se apresentam, em sua maioria, de forma incompleta e com poucos elementos argumentativos.

Esses resultados vieram a corroborar nossa hipótese da importância de prever nas atividades das sequências de ensino investigativas momentos de fala e escrita dos alunos do tema trabalhado, para aumentar o nível de conhecimento científico desses alunos.

Sedano (2010) estudou compreensão leitora dos alunos em nossas sequências, pois este era um problema importante para o nosso grupo, uma vez que muitas das atividades das sequências trabalham com a proposta de leitura de textos, ora de sistematização dos conceitos trabalhados ou das pesquisas realizadas, ora para instigar o aluno a pesquisar novos conceitos. Por outro lado a formação de

leitores autônomos e competentes é uma meta presente nas diversas disciplinas escolares, inclusive no ensino de Ciências. Assim Seda no propôs o seguinte problema de pesquisa: *dada uma sequência didática em ensino de Ciências, nos momentos de leitura os alunos conseguem destacar as ideias principais do texto? E quais são os indícios de compreensão leitora dos alunos?*

A metodologia desta pesquisa apresentou um enfoque qualitativo, e para a análise a pesquisadora se baseou, dentre outras coisas, na singularidade dos dados, tanto ao investigar os grifos realizados pelos alunos nos textos quanto ao buscar indícios da compreensão leitora na discussão realizada em sala de aula. De posse dos textos com os grifos realizados pelos alunos, organizou, para cada texto, os dados em duas tabelas. Uma delas analisava a leitura apontando aspectos mais gerais dos grifos. Denominou essa parte do estudo como *análise do texto como um todo*. Num segundo momento, analisou os grifos em cada uma das ideias principais do texto. Esse momento do estudo foi denominado *análise das ideias consideradas principais pelos alunos e destacadas*. Como conclusão de todas as análises realizadas a autora pode responder seguramente que os alunos conseguem destacar as ideias principais do texto.

Para responder a segunda pergunta apresentada no problema desta pesquisa é: *quais são os indícios de compreensão leitora dos alunos?* foram analisados, juntamente com os textos grifados, as transcrições das aulas nas quais ocorreu leitura e discussão sobre o texto procurando estudar as participações orais dos alunos e suas considerações sobre a leitura. As falas dos alunos foram analisadas de acordo com os indícios: identifica as ideias principais do texto; relaciona as ideias do texto com outras trabalhadas em aula; aplica as ideias do texto em discussões posteriores e/ou relaciona as ações realizadas na(s) aula(s). A autora concluiu a partir desta análise que há indícios da compreensão leitora presentes em todas as aulas analisadas. Em suas falas, os alunos identificaram as ideias principais do texto e relacionaram tais ideias com outras trabalhadas, com as ações realizadas nas aulas e aplicaram as ideias em discussões posteriores. A incidência na qual essas categorias apareceram nas discussões variou de acordo com o texto trabalhado.

Estas três pesquisas vêm solidificar nossa hipótese de as sequências de ensino, estruturadas com atividades investigativas, criam

condições para que os alunos construam seus conhecimentos em ciências. Apesar de não ser foco destas pesquisas, as análises dos dados mostrou o importante papel dos professores nos momentos de discussão. Eles deram voz aos alunos, fazendo questões, primeiramente para os alunos buscarem evidências e depois questões que os levassem a buscar relações e inferências. Em muitas vezes eles questionaram problematizando em vez de dar respostas prontas. (SASSERON; CARVALHO 2011). A metodologia do ensino, as habilidades dos professores nestas aulas, o tipo de questões a serem feitas, o desenvolvimento de ciclo argumentativo foram pontos importantes de pesquisa que nos trouxe conhecimento para sistematizarmos a formação de professores visando levar as Sequências de Ensino Investigativas para outras escolas.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. M. P. Ensino e Aprendizagem de Ciências: referências teóricas e dados empíricos das sequências de ensino investigativas in LONGHINI, M. D. *O Uno e o Diverso na Educação*, Uberlândia, EDUFU, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. Ciências no ensino fundamental. *Cadernos de Pesquisa*, Fundação Carlos Chagas, São Paulo, p. 152-168. 1997.
- CARVALHO, A. M. P. 1996. O uso do vídeo na tomada de dados: Pesquisando o Desenvolvimento do Ensino em Sala de Aula. *Pro-Posições*, UNICAMP, 7, n.º 1 (19), março, p. 5-13.
- CARVALHO, A. M. P. Enseñar física y fomentar una enculturación científica. *Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 51, p. 66-75, 2007.
- CARVALHO, A. M. P. Cambio de base epistemológica en la enseñanza de las ciencias: actividades de experimentación, in CASTORINA, J. A., COLL, C., BARRIGA, D., GARCIA, B., HERNÁNDEZ, G., CARVALHO, A. M. P., VASCO, C. *Piaget en la educación*. Cidade do México, p. 139-161. 1998.
- CARVALHO, A. M. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. *Revista Contexto e Educação*, v. 22, n. 77, p. 25-49, 2007.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, in SANTOS, F. M. T. e GRECA, I. M. *A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias*. Editora UNIJUL, 2011, 2ª Edição.
- CARVALHO, A. M. P. "Knowledge of Physics in the Lower Grades". In: Ladera, C. L. (Coord.) *Memorias da Conferência Interamericana Sobre Educación en Física*, Caracas, Venezuela, 14 a 20/07/91, pp. 115-127. 1991.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education* v.26, n.2, p.225-237, 2004.
- GONÇALVES, M. E. R. e CARVALHO, A. M. P. As atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, UFSC, v.12, n.1, p.7-16. 1995.
- GONÇALVES, M. E. R. e CARVALHO, A. M. P. Uma Atividade sobre Impulso e Quantidade de Movimento para a Escola Primária. *Anais do 1º Simpósio de Pesquisas da FEUSP*, Série Estudos e Documentos, vol. 31, FEUSP. 1994 b.
- GONÇALVES, M. E. R., CARVALHO, A. M. P. Conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau. *Cadernos de Pesquisa*, Fundação Carlos Chagas, São Paulo, v.90, p.72-80. 1994 a.
- LA TAILLE, Y.; Prefácio à edição brasileira in PUIG, J. M. *A construção da Personalidade Moral*. São Paulo: Ática. 1998. 253p.
- LEDERMAN, N. G. Syntax of Nature of Science Within Inquiry and Science Instruction, in FLICK, L. B. and LEDERMAN, N. G. *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2006.
- LOCATELLI, R. J. O raciocínio hipotético preditivo e o pensamento proporcional no ensino de Ciências. *Dissertação* (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação da USP, 2006.
- LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. . Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, p. 1-18. 2007.
- OLIVEIRA, C. M. A. de. Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências. 2009. 234f. *Tese* (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo 2009.
- OLIVEIRA, C. M. A. *Escrevendo em aulas de ciências*. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, 2003.
- PADILHA, J. N. *O uso das palavras e gestos durante a construção dos conceitos de sombras e reflexão nas aulas de conhecimento Físico*. Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação Interunidades Física, Química e Biot) USP, 2008.
- SEDANO, L. Ensino de ciências e formação da autonomia moral. *Dissertação* (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, 2005.
- PIAGET, J. e GARCIA, R. *Las explicaciones causales*. Barcelona, Barral Editores, 1973.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo. Pioneira. 1976.
- _____. *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança*. Trad. Christiano M. Otiteica. Rio de Janeiro: Zahar. 1970. 359p.
- RIVARD, L. P., STRAW, S. B. (2000). The Effect of Talk and Writing on Learning Science, an Exploratory Study, *Science Education*, 84(5): 566 – 593.

SASSERON, L. H. Em busca de influências culturais na investigação e na explicação de atividades de CF por alunos indígenas. *Dissertação* (Mestrado em Ensino Em Ciências Modalidades Física e Química) - Universidade de São Paulo, 2005.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. Tese (Doutorado em Doutorado) Faculdade de Educação da USP, 2008.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações no ensino de Ciências*, UFRGS, v.13, p.333-352. 2008.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*. Online. V.16, p.59-77. 2011.

SASSERON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Construindo argumentação em sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, UNESP, v.17, p.97-114, 2011.

SEDANO, L. Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências. Tese (Doutorado em Doutorado) - Faculdade de Educação da USP, 2010.

SEDANO, L. S. de. Compreensão leitora nas aulas de Ciências. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

VIGOTSKY, L.S. *A Formação Social da Mente*. São Paulo, Martins Fontes, 1984.

SOBRE OS AUTORES

Luíza Mello da Silva

Graduanda em História Licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), bolsista CNPq.

Vilmar Alves Pereira

Doutor em Educação. Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Catia Piccolo Viero Devecchi

Doutora em Educação. Professora Adjunta da Universidade de Brasília, Departamento de Teoria e Fundamentos da Educação.

Amarildo Luiz Trevisan

Doutor em Educação. Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Fundamentos da Educação.

João Alberto da Silva

Doutor em Educação. Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Altair Alberto Fávero

Doutor em Educação. Professor da Universidade de Passo Fundo (UPF).

Bárbara Hees Garré

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e Mestre do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande.

Paula Corrêa Henning

Doutora em Educação. Professora Adjunta da Universidade Federal do Rio Grande.

Gionara Tauchen

Doutora em Educação. Professora Adjunta da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

António F. Cachapuz

Professor Catedrático da Universidade de Aveiro/CIDTFE, Portugal

Francisco Januário

Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Educação, Maputo, Moçambique.

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Pesquisadora sênior do CNPq, professora da Pós-Graduação em Educação da Universidade de São Paulo (USP).

Lúcia Helena Sasseron

Doutora em Educação. Docente da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo(USP).