

ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: REFERENCIAL TEÓRICO E AS PESQUISAS SOBRE AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS

PHYSICS TEACHING BY INQUIRY: THEORETICAL REFERENCES AND THE RESEARCH ON INQUIRY-BASED TEACHING SEQUENCE

Anna Maria Pessoa de Carvalho¹

Lúcia Helena Sasseron²

RESUMO: Com a proposição de que “ensinar Ciências é ensinar a falar Ciências”, procuramos mostrar os referenciais teóricos que dão as bases para o planejamento de Sequências de Ensino Investigativas na área de Física. Mostramos as pesquisas que o nosso grupo realizou sobre as Atividades Investigativas de Ensino de Física nos níveis ensino fundamental I e médio e relatamos algumas conclusões que obtivemos por meio dessas investigações.

Palavras-chave: Sequência de Ensino Investigativo. Ensino de Física. Atividades Investigativas em Ensino de Física.

ABSTRACT: From the proposition that “teaching science is to teach to communicate in science”, we propose basis for planning Inquiry-Based Sequence Teaching in Physics according to theoretical references about inquiry and science learning. We show that our research group performed on Investigative Activities Physics Teaching in elementary school levels and medium and reported that some conclusions obtained from these investigations.

Keywords: Inquiry-based sequence teaching. Physics teaching, Inquiry Actives on Physics Teaching

¹ Professora Senior – Faculdade de Educação – USP. E-mail: ampdcarv@usp.br

² Doutora – Faculdade de Educação – USP. E-mail: sasseron@usp.br

1 – Introdução

Neste início de século – na verdade já estamos na segunda década do século XXI – ainda encontramos muitos professores com uma visão simplista em relação ao ensino, como a de que conhecer o conteúdo e ter experiência é o bastante para que se possa desenvolver um ensino de qualidade. Capecchi (2004), numa das entrevistas feitas com profissionais que haviam completado cursos de nível superior não relacionados à Física, buscando saber o que eles se lembravam de suas aulas dessa disciplina, encontrou uma declaração que muito a sensibilizou: “[...] *Não entendia nada do que o professor de Física falava lá na frente... era como se ele falasse outra língua... por mais que eu me esforçasse... não conseguia entender onde ele queria chegar com tudo aquilo...*”. Segundo a autora, ela esperava que os entrevistados não fossem se lembrar muito de conceitos de Física, que relacionariam a disciplina com Matemática, que diriam que se tratava de uma matéria difícil, mas o que a surpreendeu foi a declaração que revelou um abismo muito maior do que ela imaginava entre a ação do professor e o entendimento dos alunos.

As entrevistas, que tinham como objetivo sensibilizar os alunos de licenciatura sobre os problemas do ensino tradicional (CARVALHO, 2013), mostraram muitos problemas relacionados ao fato de ensinar Física para que os alunos aprendam e não somente para que se lembrem do que lhes foi ensinado.

Ensinar Física envolve mais do que desafiar as ideias prévias dos alunos e substituí-las por teorias mais consistentes do ponto de vista científico; é necessário que os estudantes vejam algum sentido no conjunto de teorizações, que compreendam a Física como uma forma diferente de pensar e falar sobre o mundo. A metáfora da aprendizagem das Ciências como um processo de enculturação (DRIVER; NEWTON, 1997) aponta outro caminho para o ensino e a aprendizagem de Física, pois propõe a entrada dos alunos em uma nova cultura, compreendendo e ensaiando o uso de práticas, valores e linguagens da Física.

Temos então um problema: como organizar o ensino para que os alunos sejam introduzidos na cultura científica, em que cada uma das atividades planejadas contribua para essa enculturação criando espaço para que os alunos pratiquem e falem Ciências e, nessas atividades, compreendam seus valores?

A liberdade de pensar e de expor os pensamentos sobre o que se está aprendendo é um dos pontos fundamentais dessa perspectiva de ensino, pois a literatura sobre pesquisa em ensino das Ciências nos mostra que “aprender ciências é aprender a falar ciências” (LEMKE 1997, 2000, 2003). Mas como se fala Ciências? E como se fala Ciências em sala de aula?

Antes de entrarmos no mérito de “como se fala Ciências”, temos de deixar bem claro que existe uma distância muito grande entre os cientistas, os físicos e os alunos que aprendem Física na escola básica no que diz respeito aos objetivos que têm diante da Física e da construção de entendimento. Nossos alunos ainda pouco conhecem sobre o que seja Física, não têm todo o conhecimento prévio de um cientista nem ainda o desenvolvimento intelectual destes. Portanto, precisamos ter cuidado para não pensarmos em nossos alunos como cientistas mirins, mas estudarmos os principais aspectos do processo científico e adaptá-los para o ensino.

Outro ponto importante que merece destaque quando planejamos um ensino tendo por base a proposta da enculturação científica é a necessária mudança na relação intelectual entre o professor e o aluno, não sendo mais aceito que todo o raciocínio e a estrutura do conhecimento sejam passados de forma totalmente fechada e expositiva do professor ao aluno. O aluno deve ser reconhecido como um ser pensante, como uma pessoa intelectualmente ativa, participando intelectualmente do conteúdo trabalhado em sala de aula. É preciso dar a esse aluno o que vamos chamar de *liberdade intelectual*, a liberdade de pensar e de argumentar sobre o que está aprendendo, de construir o seu próprio conhecimento.

2 - Falar ciências e ensinar a falar ciências

2.1 – Falar Ciências

Para entendermos como se fala Ciências, fomos buscar subsídios nos trabalhos de Latour e Woolgar (1997), que estudaram, do ponto de vista antropológico, um grande laboratório científico coordenado por um laureado pelo Prêmio Nobel. Os autores mostraram que uma das principais características do processo de construção das Ciências é a linguagem argumentativa, pois está presente tanto nos laboratórios, durante a construção dos fatos científicos, quanto nos congressos, durante as apresentações dos trabalhos, e principalmente nos artigos publicados pelos cientistas que, assim como as demais atividades comunicativas, têm o objetivo de convencer os leitores sobre o que se propõe. Segundo Latour e Woolgar, é por meio da argumentação, realizada tanto em ambientes formais (artigos e palestras) como informais (conversas no ambiente de laboratório), que os cientistas convencem os outros sobre a importância de seus trabalhos, a validade do que dizem e a necessidade de investimentos no financiamento de seus projetos. Latour e Woolgar (1997, p. 68) escrevem:

A capacidade de persuasão é tal que eles conseguem convencer os outros, não porque estejam eles próprios convencidos, mas porque estão seguindo uma orientação coerente de interpretação dos dados [...] São tão convincentes que, no contexto de seu laboratório, é possível esquecer a dimensão material do laboratório, das bancadas e a influência do passado, para consagrar-se exclusivamente aos 'fatos' postos em evidência.

2.1.1 – Ensinar a falar Ciências

Essa capacidade de persuasão que Latour e Woolgar (1997) detectaram no laboratório científico e que mostram ser tão essencial para o desenvolvimento das Ciências é também um dos aspectos a merecer destaque em nossas aulas se o objetivo destas for ir além do ensino do conteúdo específico de Física, propondo condições para que os alunos participem do desenvolvimento dessa disciplina como produção científica.

A persuasão se faz com a argumentação, e para que os alunos argumentem, eles precisam aprender a discutir os fenômenos físicos e os textos que se propõem a ensinar Física. As atividades de ensino que abrem espaço para que os alunos falem e discutam são os problemas investigativos (experimentais e/ou teóricos), isto é, problemas para os quais os alunos não têm o caminho da resposta, eles precisarão achá-lo em uma discussão com seus colegas de grupo.

2.2 – Falar Ciências

Procurando conhecer a estrutura do pensamento científico, ou como se transformam fatos em evidências científicas, fomos estudar os trabalhos de Lawson (2000, 2001, 2002, 2004). Esse autor mostra a existência de um padrão de pensamento que guia as descobertas científicas de forma que estas podem ser vistas como uma produção basicamente hipotético-dedutiva. Buscando corroborar sua afirmação, Lawson questiona: “poderia o raciocínio hipotético-dedutivo estar presente em todas as importantes descobertas científicas?” (LAWSON, 2002, p. 20). O autor passa então a estudar os trabalhos de Galileu que guiaram as descobertas científicas das luas de Júpiter, a pesquisa de Walter Alvarez (1970 *apud* LAWSON 2004) sobre a causa da extinção maciça dos dinossauros há 65 milhões de anos e a pesquisa de Alcock, publicada em 1996, em que ficam evidentes alguns aspectos da sua descoberta. Além disso, realiza uma entrevista com Alcock com o intuito de verificar a presença de aspectos como o papel da pergunta causal. O que se mostra comum a esses estudos é o uso de um padrão hipotético-dedutivo na apresentação de fatos, evidências e conclusões. A estrutura do raciocínio hipotético-dedutivo desenvolvida por Lawson (2004, p. 24) é mostrada na seguinte forma:

A estrutura tem seu início com o termo “Se...”, diretamente ligado às hipóteses (uma proposição); o termo “E...” diz respeito ao acréscimo de condições de base (um teste); o termo “Então...” é relativo aos resultados esperados (às consequências esperadas); o termo “E...” ou “Mas...” aos resultados e consequências reais e verdadeiras. O termo “E...” deve ser utilizado caso os resultados obtidos combinem com os esperados e o termo “Mas...”, caso haja um desequilíbrio nos resultados; desta forma, o ciclo reinicia-se com outras hipóteses e, finalmente, o termo “Portanto...” introduz a conclusão a que se chega.

Apresentamos abaixo um diagrama que busca sistematizar tal estrutura:



Figura 1. Padrão proposto por Lawson (2004).

Segundo essa estrutura, Lawson explica que esses padrões da razão científica têm sido usados para responder a uma grande quantidade de questões científicas e que muitas das proposições científicas são de natureza hipotético-dedutiva em sua essência, pois as ideias envolvidas nos processos mentais evoluem seguindo esse padrão de representação.

2.2.1 – Ensinar a falar Ciências

Como tínhamos discutido na introdução, nossos alunos não são cientistas. Longe disto! Mas, se queremos que eles aprendam Ciências e sobre Ciências, e principalmente que eles entendam a estrutura da Ciência, precisamos planejar nossas atividades *centradas em problemas sobre os fenômenos físicos*, em oposição ao ensino centrado nos conceitos. A organização dos conteúdos escolares com base em conceitos é artificial, em virtude de estes estarem centrados na lógica da Ciência pronta. Os conceitos são o ponto de chegada da Ciência e o ponto de partida são as questões advindas da realidade do estudo dos fenômenos que ali ocorrem e a constituem, e isto não poderia ser apresentado de forma diferente no ensino (PACHECO, 1996; AMARAL, 2005).

Quando centramos nosso ensino em problemas investigativos sobre os fenômenos (para que haja argumentação dos alunos), Lawson nos mostra que estamos também dando oportunidade para que os alunos se desenvolvam no raciocínio hipotético-dedutivo. Assim, ao construírem os conceitos, eles também aprendem a raciocinar cientificamente.

Outro ponto importante que retiramos dos trabalhos de Lawson é que o professor precisar salientar, após as discussões, durante a sistematização destas, as hipóteses sobre as quais foram obtidos os dados e a estrutura da argumentação que levou tais dados às conclusões.

Com o objetivo de superar as dificuldades, tanto na elaboração de sequências de ensino que levassem os alunos a construírem seus conhecimentos de Física como na preparação de professores que pudessem auxiliar seus alunos – por meio de questões – a argumentarem cientificamente, fomos buscar mais conhecimentos sobre “como se argumentar” estudando as obras de Toulmin, um filósofo da Ciência que, em seu livro *Os usos do argumento* (2006), apresenta seu trabalho sobre argumentação.

2.3 – Falar Ciências

Toulmin (2006) procurou descrever a argumentação na prática. Ele fez uma distinção entre noções idealizadas de argumentos – como aqueles empregados em matemática – e a prática de

argumentos em contextos linguísticos, o que estávamos procurando entender. Sua proposta de trabalho seria o estudo da estrutura da argumentação em várias disciplinas acadêmicas e científicas para descobrir as qualidades e defeitos dos vários tipos de argumentação que são característicos dos diferentes campos. Sua obra mostra um comprometimento com a interpretação do processo de argumentação em oposição ao da ideia rígida, em que todos os argumentos têm a forma de “premissas para conclusões”. Qualquer justificação de uma declaração ou conjunto de declarações é, para Toulmin, um argumento para apoiar uma determinada afirmação.

Encontramos no seu modelo a seguinte estrutura para a argumentação (Figura 2), constituída pelos principais elementos: “o dado”, “a conclusão” e a “garantia”. A estrutura básica para se apresentar um argumento é: “a partir de um dado (D)”, “desde que a garantia (W)”, “então se chega à conclusão (C)”. No caso de um argumento completo, podemos acrescentar os qualificadores modais (Q) e as condições de exceção ou refutação (R), indicando, assim, um “peso” de plausibilidade para determinada justificativa para dar suporte à conclusão. Desse modo, os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada garantia, complementando a “ponte” entre dado e conclusão.



Figura 2. Padrão de argumento completo proposto por Toulmin.

Nesta obra, o autor, por meio de exame dos argumentos em diferentes campos (p.ex., lei, ciência, política, etc.), diferencia elementos da argumentação. Alguns são os mesmos em todos os campos – argumentos de características invariáveis – enquanto outros diferem com os campos – argumentos de características dependentes. Assim, as apelações para justificar afirmações usadas para trabalhar explicações históricas não necessariamente seriam da mesma espécie de apelações usadas para apoiar afirmações de explicações causais científicas. A força do modelo que Toulmin propôs reside em sua capacidade de avaliar argumentos, sendo que a flexibilidade do modelo de Toulmin para funcionar em ambos os contextos, campo-dependente e campo-invariável, é uma vantagem para entender os argumentos colocados pelos estudantes em salas de aulas de Ciência (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2000).

2.3.1 – Ensinar a falar Ciências

Muitas pesquisas foram feitas no ensino de Física, no Brasil e no exterior, e nos diversos níveis de ensino – fundamental, médio e superior –, procurando entender como se dá a argumentação dos alunos, tendo por base os trabalhos de Toulmin e quais as condições de ensino para que ela aconteça (DRIVER; NEWTON, 1997; DRIVER et al., 1999, SASSERON E CARVALHO 2011, VIEIRA e NASCIMENTO, 2009, CAPECCHI e CARVALHO 2006, CAPECCHI et al., 2000).

Dentre os muitos resultados dessas pesquisas, alguns nos chamaram bastante a atenção: o papel do professor como orientador do trabalho de seus alunos; o ensino problematizante como uma das condições para haver argumentação entre os estudantes; e principalmente a observação de que eles, ao argumentarem, vão buscar as garantias, os qualificadores e os conhecimentos básicos dentro do campo das Ciências e dentro do conteúdo que estão estudando.

Mas o que podemos dizer sobre o que seja o campo das Ciências durante a argumentação dos alunos no ensino de Ciências, aí incluindo o ensino de Física?

Sasseron (2008), estudando o ensino de Física, procurou relacionar as argumentações dos alunos, analisadas com base na teoria de Toulmin, com os indicadores da Alfabetização Científica definidos pela autora.

2.4 – Falar Ciências

Por meio de uma ampla revisão sobre a Alfabetização Científica, Sasseron (2008) mostrou que diferentes autores listam diversas habilidades classificadas como necessárias de serem encontradas entre os alfabetizados cientificamente. Entretanto, tais habilidades explicitam informações comuns que permitem afirmar a existência de convergências entre as diversas classificações. A autora agrupou essas confluências em três blocos que englobam todas as habilidades listadas pelos diversos autores estudados no que denominou de *Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica*. Esses três eixos são capazes de fornecer bases necessárias e suficientes para serem consideradas no momento da elaboração e do planejamento de material didático com o objetivo de os alunos aprenderem a argumentar dentro do contexto da Alfabetização Científica.

O primeiro desses três eixos estruturantes refere-se à *compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais* e tem como objetivo trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos. Sua importância reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia a dia.

O segundo eixo preocupa-se com a *compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*. Reporta-se, pois, à ideia de Ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes.

O terceiro eixo estruturante da Alfabetização Científica compreende o *entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente*. Trata-se da identificação do entrelaçamento entre essas esferas. Assim, esse eixo denota a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas Ciências.

2.4.1 - Ensinar a falar Ciências

Procurando sintetizar os referenciais teóricos sobre argumentação e alfabetização científica com o objetivo de adequar a linguagem da Ciência à linguagem do Ensino de Ciências, especialmente ao de Física (nosso campo de pesquisa), e de estudar as falas dos alunos nessas atividades investigativas, Sasseron (2008) definiu os *Dez indicadores da Alfabetização Científica*. Primeiramente, teve como intuito pesquisar se as atividades investigativas planejadas com base nos eixos estruturantes realmente alfabetizavam cientificamente os alunos e, posteriormente, dar instrumento aos professores para compreender as falas dos alunos e preparar questões que os levem a buscar a argumentação científica.

Os três primeiros indicadores de Alfabetização Científica (AC) estão ligados ao trabalho com os dados empíricos ou com as bases por meio das quais se compreende um assunto ou situação. São eles: *seriação de informações, organização de informações e classificação de informações*.

Tendo em mente a estruturação do pensamento que molda as afirmações feitas e as falas promulgadas durante as aulas de Física, são dois os indicadores da AC que esperamos encontrar entre os alunos: o *raciocínio lógico*, que compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas, relacionando-se, pois, diretamente com a forma como o pensamento é exposto; e o *raciocínio proporcional*, que, assim como o raciocínio lógico, consegue mostrar o modo como se estrutura o pensamento, além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.

O *levantamento de hipóteses* é outro indicador da AC e aponta instantes em que são alça-

das suposições acerca de certo tema. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).

O teste de hipóteses trata-se das etapas em que as suposições anteriormente levantadas são colocadas à prova. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores.

A justificativa aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando-a mais segura.

O indicador da previsão é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.

A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

Estes três últimos indicadores apresentados – a justificativa, a explicação e a previsão – estão fortemente imbricados entre si, e os alunos, ao resolverem um problema, têm a possibilidade de construir afirmações que mostram relações entre eles, pois, quando isso acontece, é elaborada uma ideia capaz de explicitar um padrão de comportamento que pode ser estendido para outras situações. Essa ideia, se bem estruturada, deve permitir a percepção de relações entre os fenômenos do mundo natural e as ações humanas sobre ele. Caso isso ocorra, encontraremos outra habilidade importante para o desenvolvimento da AC: a construção de modelo explicativo capaz de tornar clara a compreensão que se tem de um problema qualquer e as relações que se pode construir entre esse conhecimento e outras esferas da ação humana.

2.4 – Falar Ciências

As Ciências não se constroem somente com a linguagem verbal (oral e escrita), são necessários outros modos de comunicação (LEMLE, 1998; KRESS et. al., 2001), como as tabelas, os gráficos, as figuras e principalmente a matemática para dar conta de todo o processo de argumentação científica. Como nos mostra Lemke (1998, p. 3):

Além do processo argumentativo na linguagem verbal, quer oral quer escrita, existem outras características da linguagem científica cujo entendimento é importante para a compreensão do processo de construção das ciências. ... Para fazer ciência, para falar ciência, para ler e escrever ciência, é necessário lidar com e combinar em formas regradas discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráfico-visuais e operações motoras no mundo 'natural' (incluindo humano como natural).

Latour e Woolgar (1997), ao estudarem o processo da construção da linguagem científica dentro de um laboratório, e percebendo a importância de gráficos, imagens e outros documentos que são construídos pelos cientistas por meio dos instrumentos de pesquisas, propõem a noção de "inscritor" que, segundo os autores, pode ser entendido como "todo o elemento de uma montagem ou toda combinação de aparelhos capazes de transformar uma substância material em uma figura ou um diagrama diretamente utilizáveis por uma pessoa" (p.44).

Assim, a importância da noção de inscritor tem uma consequência essencial na construção de linguagem científica, pois ela estabelece uma relação direta entre a figura, os dados ou o diagrama obtido com o fenômeno estudado. O diagrama final da inscrição obtida torna-se ponto de partida do processo sempre renovado da escrita dos artigos científicos. É importante entender como os cientistas fazem uso dessas inscrições, desde a construção de um gráfico obtido por intermédio de

um computador até a elaboração de um artigo em que o fato novo é posto para discussão com seus pares. Como mostram os autores, “o diagrama final torna-se ponto de partida do processo sempre renovado de escrita dos artigos (...) são produzidos os artigos que comparam e opõem esses diagramas a outros que com eles se parecem” (p.45).

Roth (2002), estudando também o trabalho desenvolvido por cientistas em um laboratório com fotorreceptores, observou que, em seus discursos, estes não faziam distinção entre os objetos sobre a lâmina do microscópio, a imagem visual (através da ocular ou sobre o monitor), e os gráficos que correspondiam a ambos. No caso analisado pelo autor, os cientistas, quando vão explicar seu objeto de estudo, não fazem distinção entre os artefatos na lâmina do microscópio, a imagem da ocular ou do monitor e os gráficos, mostrando que a função mediadora do espectro de absorção, que eles usam nas atividades desenvolvidas, deu lugar a uma “visão” direta dos fotorreceptores estudados. Assim, quando o cientista olha o gráfico, ele “enxerga” os fotorreceptores absorvendo diferentes frequências da radiação.

O autor ainda afirma que em um laboratório científico um cientista, ou mesmo um técnico experimentado, quando vê um signo, isto é, uma tabela, uma figura ou, por exemplo, um gráfico, imediatamente enxerga o seu significado, ou seja, o fenômeno que está sendo pesquisado. Discutindo a linguagem dos cientistas quando estes participam dos processos de transformação do mundo material em dados e representações visuais, mostrou que estas vão tornando-se transparentes ao olhar de tais estudiosos. Ele denominou esse fenômeno de “transparência” e propôs, em seu artigo, uma analogia bastante interessante:

da mesma forma que os óculos auxiliam um míope a enxergar o mundo de forma diferente, levando-o até mesmo a esquecer-se de que está usando este artefato, os gráficos e outras ferramentas científicas possibilitam uma relação direta entre o investigador e seu objeto de estudo (ROTH, 2002).

É importante notar, porém, como mostra o autor, que essa transparência só se torna possível com um longo processo de familiarização entre o sujeito e as ferramentas mediadoras que utiliza para transformar seu objeto de pesquisa, isto é, “falar sobre gráficos e seus referentes é uma função da experiência histórica e cultural do indivíduo” (p. 3). Dessa forma, mostra que o uso competente dos gráficos requer a familiarização com os processos que levaram à sua construção.

2.4.1 – Ensinar a falar Ciências

Muitos outros autores têm pesquisado sobre o papel das diferentes linguagens tanto nas Ciências como nas aulas de Ciências (KRESS et. al., 1998, 2001; LEMKE, 1998, 2000, 2003; ROTH e ROTH, W. M.; LAWLESS, 2002; PICCININI, 2003). Entre eles, gostaríamos de citar o trabalho de Lemke (1998), no qual, enfatizando que não se faz e não se comunica Ciência somente pela linguagem oral ou pela escrita, discute que a sua linguagem é um híbrido semiótico, contendo, ao mesmo tempo, um componente verbal-*tipológico* e outro matemático-gráfico-operacional-*topológico*. Com isso, estar no mundo da Ciência é combinar discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráficas e visuais e operações motoras no mundo natural (LEMKE op. cit.).

No ensino de Ciências, essas linguagens – tipológicas e topológicas – podem cooperar ou se especializar, pois, segundo Lemke (1998), o professor deve levar os alunos a não somente construir o sentido para cada uma dessas linguagens separadamente, mas também fazê-los entender os caminhos especiais nos quais ele (professor) as combina e integra umas com as outras.

Do estudo desses autores podemos enfatizar alguns aspectos importantes das linguagens científicas para nos balizar na análise de um ensino que procure uma enculturação científica. O primeiro desses aspectos é que a argumentação científica não se restringe à linguagem oral, mas utiliza outras linguagens e, portanto, o seu ensino deve permitir aos estudantes usar todas essas lin-

guagens em atividades significativas para eles. O segundo aspecto é que a utilização das linguagens matemáticas – as imagens, as tabelas, os gráficos e as equações – precisam ser bastante trabalhadas em relação aos fenômenos para se tornarem “transparentes” no sentido de Roth. O terceiro aspecto diz respeito ao processo de tornar as linguagens matemáticas transparentes para os alunos: o professor precisa utilizar sistematicamente a cooperação e a especialização entre as diferentes linguagens para que o aluno consiga utilizar as ferramentas matemáticas para construir a sua argumentação científica.

3 – Nosso problema de pesquisa

Planejamos e executamos Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) nos conteúdos de Ciências (CARVALHO et al., 2011) para o nível fundamental I e de Física (CARVALHO et al. 2014) para o nível médio, tendo por base os referenciais teóricos descritos acima, com a finalidade de introduzir nossos alunos na cultura científica.

Nossas SEIs foram organizadas baseando-se em um conjunto coerente de atividades investigativas como, por exemplo, laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos etc., abrangendo os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica. Cada uma das atividades investigativas iniciava com um problema que, ao resolverem, os alunos tinham condições de levantar hipóteses e, ao testá-las, argumentarem mostrando a estrutura de seus pensamentos.

Nosso grande problema *foi estudar a aprendizagem dos alunos*. Esse grande problema foi dividido em problemas menores (mestrados e doutorados), que estudaram a aprendizagem dos alunos em diversas atividades investigativas dentro de cada uma das SEIs, observando vários matizes de uma aprendizagem por enculturação.

4 – Metodologia de pesquisa

Todas as nossas pesquisas obedeceram à mesma metodologia, que pode ser classificada como qualitativa, pois “descreve a complexidade de determinado problema analisando a interação de certas variáveis e procura descobrir e classificar a relação entre variáveis além de investigar a semelhança de causalidade entre fenômenos” (RICHARDSON, 2009 p.70).

Buscávamos compreender a interação professor/alunos quando as atividades investigativas proporcionavam a enculturação científica destes e também pretendíamos classificar as argumentações dos alunos com base nos pressupostos teóricos explicitados e investigar semelhanças de causalidade entre as aulas.

Dentro do grande guarda-chuva das pesquisas qualitativas, optamos pelo Estudo de Casos, pois, como mostra Yin (2010, p. 38),

os Estudos de Casos partem do princípio de que as questões “como” e “por que” são enfocadas (...) é preferido no exame dos eventos contemporâneos quando os comportamentos relevantes não podem ser manipulados...conta com pelo menos duas fontes de evidências: observação direta e entrevistas das pessoas envolvidas nos eventos (YIN 2010, p.32). Além disso, os Estudos de Caso utilizam o método etnográfico como técnica de coleta de dados.

Os pontos indicados por Yin para Estudos de Casos se ajustaram perfeitamente aos nossos objetivos, uma vez que procuramos conhecer “o que” os alunos aprendem (por exemplo, conteúdo e argumentação), “como” aprendem (qual a metodologia proposta pelo professor em quais atividades de ensino) e “por que” aprendem (quais as interações – professor/aluno e aluno/aluno – foram importantes para a aprendizagem).

Nossas fontes de dados foram justamente a técnica de coleta de dados por vídeos de todas as

aulas das atividades investigadas (sempre com no mínimo duas câmaras) e entrevistas ou trabalhos dos alunos para, de maneira triangular, procurar a convergência entre os resultados.

Todos os vídeos foram transcritos e a análise desses dados e os trabalhos dos alunos foram baseados em instrumentos vindos de referenciais teóricos aceitos pela comunidade e, portanto, válidos. As entrevistas foram semiestruturadas e não foram validadas anteriormente. A fidedignidade do uso dos instrumentos foi feita pela discussão dos dados nos seminários do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF).

Todas as gravações foram realizadas em escolas públicas com a autorização, por escrito, dos professores e dos alunos ou de seus pais, quando os alunos eram menores de idade.

5 – Relações entre as variáveis procuradas no conjunto de nossas pesquisas no ensino de física no fundamental I

Tínhamos como objetivo deste estudo pesquisar “o que” e “por que” os alunos aprendem com as Atividades de Conhecimento Físico. Tais atividades foram variadas, retiradas das SEIs propostas para esse nível de ensino e também estão registradas em Carvalho et al. (1998).

A variável constante em todas as pesquisas relacionadas abaixo foi o “como”, isto é, o desenvolvimento metodológico proposto aos professores que regeram as aulas (ensino). Esse desenvolvimento metodológico foi dividido em etapas: distribuição do material experimental e proposição do problema; divisão da classe em pequenos grupos para a resolução do problema; arranjo da classe em um grande grupo para a socialização de ideias entre os alunos, quando o professor perguntava “como” eles haviam resolvido o problema, levando-os a uma tomada de consciência do que fizeram; e depois “por que” haviam feito do modo explicitado, procurando a causalidade física e a construção de conceitos; e a relação do fenômeno estudado com o cotidiano do aluno, sendo pedido a estes que escrevessem e desenhasssem sobre o que aprenderam.

A variável aprendizagem foi analisada em cada dissertação com base em referências teóricas de como estudá-la.

Estas foram as pesquisas realizadas:

- Professor obedecendo às etapas X Aprendizagem nas etapas (GONÇALVES, 1991);
- Professor obedecendo às etapas X Relações causais (REY, 2000);
- Professor obedecendo às etapas X Escrita (OLIVEIRA, 2003);
- Professor obedecendo às etapas X Formação da autonomia moral (SEDANO, 2005);
- Professor obedecendo às etapas X Influências culturais (SASSERON, 2005);
- Professor obedecendo às etapas X Raciocínio lógico e proporcional (LOCATELLI, 2006);
- Professor obedecendo às etapas X Uso de palavras e gestos na construção de conceitos (PADILHA, 2008).

A primeira das dissertações (GONÇALVES, 1991) nos mostrou que os alunos do fundamental I eram capazes de resolver problemas físicos e que em cada uma das etapas eles mostravam raciocínios diferentes: ao resolverem problemas em grupo eles expunham seus conhecimentos cotidianos para levantar hipóteses de como resolver o problema; na etapa do “como” eles realmente falavam sobre como haviam resolvido o problema, quando lentamente tomavam consciência de suas ações, como mostra a teoria de Piaget (1977); e na fase do “por que”, procuravam uma explicação para o fenômeno. A maior parte dessas explicações era legal, mas sempre havia alunos que mostravam a explicação causal (PIAGET; GARCIA, 1973).

Como os dados de Gonçalves (1991) foram retirados na Escola de Aplicação da Feusp com quatro atividades, quisemos replicá-los, agora com professoras de outras escolas públicas e com outras atividades que construímos. Rey (2000) obteve, em sua dissertação, resultados muito semelhantes a Gonçalves, sendo a diferença o número de alunos que chegavam às explicações causais e a escrita dos alunos, que era mais pobre.

Mas o que era uma escrita pobre ou rica em termos de escrita científica? Esse foi o problema de Oliveira (2003), que analisou os trabalhos escritos de dez alunos em três Atividades de Conhecimento Físico diferentes. Apesar das diferenças entre o tamanho dos trabalhos e dos acertos de gramática e grafia, a grande maioria dos textos analisados apresentava semelhanças nos aspectos científicos: ordem cronológica similar à que ocorreu durante a atividade, mostrando o entendimento do problema e sua resolução; utilização dos verbos de ação na primeira pessoa do plural, indicando a importância do trabalho em equipe; uma incidência muito maior de explicações legais do que causais, apontando as dificuldades da construção da causalidade física.

Procurando outros aspectos da enculturação científica, Sedano (2005) estudou a construção da autonomia moral dos alunos durante o trabalho em pequeno grupo, propondo o seguinte problema: quais são as atitudes dos alunos nos grupos de trabalho das aulas de Ciências que usam Atividades de Conhecimento Físico? Utilizando as gravações já realizadas, analisou quatro grupos de trabalho de duas escolas públicas e encontrou episódios de ensino que apontaram para as atitudes de interação, participação, cooperação, descentração e também atitudes de convivência com valores (opiniões ou atitudes) antagônicos e conflitantes. Conseguiu mostrar a diversidade de ações pautadas em atitudes, que o aluno tem a oportunidade de vivenciar e atuar quando participa de uma proposta metodológica que lhe dê espaço para isso.

Sasseron (2005) procurou detectar influências culturais na construção do conhecimento físico nas atividades investigativas propostas com o objetivo de identificar quando e como a cultura do aluno pode influenciar seu trabalho na resolução de um problema de conhecimento físico. As atividades foram aplicadas por uma professora indígena para os alunos da Escola Estadual Indígena Tupi Guarani Ywy Pyaú, de Peruibe, estado de São Paulo. A conclusão foi a existência de poucas influências culturais advindas das duas sociedades envolvidas nas aulas de Ciências em termos de interação entre aluno/aluno e professora/alunos e pouca influência em relação ao pensamento científico.

Procurando nos aprofundar na estrutura da argumentação dos alunos, Locatelli (2006) analisou os vídeos gravados tomando por base os referenciais teóricos de Lawson (2001, 2002, 2004) e Inhelder e Piaget (1976). Ele mostrou que no discurso dos alunos podem-se vislumbrar importantes aspectos da cultura científica, entre eles o levantamento de hipótese, o início do raciocínio hipotético-dedutivo (se, então, portanto) e a construção das relações compensatórias entre as variáveis.

O último trabalho que desenvolvemos sobre o ensino e a aprendizagem das Atividades de Conhecimento Físico foi a pesquisa de Padilha (2008), que procurou verificar como as linguagens verbal e gestual se articulam para dar sentido ao vocabulário utilizado no momento da argumentação. Por meio da análise integrada dos modos verbal e gestual de comunicação, percebemos que a falta da palavra adequada não impossibilitou a comunicação e, em convergência com os trabalhos relacionados à semiótica social, vimos que o modo verbal muitas vezes não é suficiente para que possamos compreender o que o aluno quer dizer. É importante, no ato da comunicação do aluno, que notemos a diferença entre a ideia que o aluno quer transmitir e os significados atribuídos a determinadas palavras utilizadas no ato da comunicação verbal. Houve momentos em que não só os gestos, mas também as expressões faciais, a entonação de voz e as características apresentadas no ato da comunicação ajudaram a compreender o que o aluno queria dizer.

5.1 – Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

Além das conclusões parciais de cada uma das dissertações, o que podemos tirar do conjunto destas pesquisas é que:

se os professores, ao aplicarem em suas salas de aula as Atividades de Conhecimento Físico, propondo o problema para os alunos, deixando-os interagir em pequenos grupos e depois em grupos maiores, perguntarem “como?” e derem liberdade intelectual para que eles falem sem repressão, e depois perguntarem

“por que?”, então os alunos argumentarão, levantarão suas hipótese, explicarão o fenômeno, apresentarão os raciocínios hipotético-dedutivos construindo relações compensatórias entre as variáveis, escreverão, construirão autonomia moral e, portanto, serão introduzidos na cultura científica, aprendendo a falar ciências.

Esse é um conhecimento já estabelecido.

As ACFs têm sido replicadas em muitas situações diferenciadas de ensino, com resultados semelhantes aos nossos.

Entretanto, desde as primeiras pesquisas, os dados nos mostraram a grande influência do professor no desempenho dos alunos, uma vez que não é fácil criar ambiente não coercitivo em sala de aula em que os alunos possam apresentar sem medo seus argumentos, estejam eles corretos ou não.

Assim, tornou-se para nós de importância vital o estudo da Formação Continuada de Professores para um ensino investigativo, que foi aprofundado por outras teses e dissertações. Esses trabalhos, apesar de apresentarem grande relevância para nosso grupo, não relacionavam os cursos com o desempenho do professor em sala de aula. Estamos agora (Sasseron e seus orientandos) procurando a relação entre o desempenho dos professores em sala de aula e a aprendizagem dos alunos, tomando por base as aulas em que já analisamos o desempenho dos alunos.

6 – Relações entre as variáveis procuradas no conjunto de nossas pesquisas no ensino de física no curso médio

Os conteúdos de Física utilizados como base para esses trabalhos (tese e dissertações) foram Termologia e Calorimetria, para os quais desenvolvemos três Sequências de Ensino Investigativas (CARVALHO et al. 2014). Dentro das atividades organizadas para as SEIs, escolhemos para pesquisar a relação “ensino de Física X aprendizagem dos alunos”, as atividades de História das Ciências e Laboratórios Demonstrativo e Investigativo.

Essas pesquisas seguiram a metodologia já descrita no item 4 deste trabalho e seus dados foram retirados em escolas públicas da cidade de São Paulo.

6.1 – Relação entre a variável ensino utilizando as atividades de História da Física e a aprendizagem dos alunos

A caracterização da “variável ensino” foi trabalhada nas aulas em que se apresentaram aos alunos três textos retirados de Maggie (1935): uma carta de Fahrenheit escrita a um colega cientista; um fragmento de uma conferência de Joseph Black, que em 1760 sugere a necessidade de distinguir calor de temperatura; e um texto de Rumford em que ele descreve sua experiência com os canhões e a impossibilidade de explicação de seus dados pela teoria do calórico.

O objetivo dessas atividades era que os alunos lessem textos científicos originais, que mostrem o trabalho realizado por cientistas que querem resolver um problema e também as dificuldades científicas enfrentadas por eles. O texto de Fahrenheit mostra bem a vontade de um pesquisador em seu trabalho de investigação e o uso de conhecimento já produzido e publicado. O texto de Black é um texto de reconstrução de ideias, pois os alunos também não distinguem esses dois conceitos. O texto de Rumford reflete a dificuldade de análise de dados empíricos que estavam em desacordo com o modelo explicativo vigente na época.

A metodologia de ensino utilizada nessas aulas foi: distribuição do texto para leitura individual em classe; discussão, primeiramente em pequeno grupo, para responder as questões propostas; e, posteriormente, discussão em grande grupo e resposta escrita dos grupos às questões propostas.

As perguntas para a carta de Fahrenheit foram: 1 – A carta mostra sentimento. Qual? E qual a

influência desse sentimento no trabalho dos cientistas? 2 – A carta mostra o trabalho de um cientista baseado no conhecimento alcançado pelo outro cientista. Quais os conhecimentos que foram base para o trabalho de Fahrenheit? 3 – Por que ele fechou o termômetro? 4 – Você acha correto um cientista trabalhar com os achados de outro cientista? Em que condições?

As questões dadas aos alunos para discutirem o texto de Black foram: 1 – Como foi dito, Black foi o primeiro a tentar distinguir os conceitos de calor e temperatura. Você percebeu isso? Em que trecho? 2 – Apesar de já começar a distinguir os dois conceitos, em determinados trechos Black ainda se atrapalha com as palavras. Volte ao terceiro parágrafo e reescreva as últimas três linhas de forma a melhorar essa distinção.

Para o texto de Rumford, as questões foram: 1 – Qual a dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor? 2 – Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discordar do modelo calórico? 3 – Como Rumford chegou à conclusão de que calor deveria ser movimento?

As pesquisas que realizamos sobre História de Física no Ensino de Física foram:

- Professor aplicando as três atividades de História das Ciências X Eixos de aprendizagem de História das Ciências (CASTRO, 1993);
- Professor aplicando atividade de História das Ciências X Visões de Ciências (NASCIMENTO, 2003);
- Dados retirados de pesquisas anteriores X Argumentação dos alunos (SASSERON et al., 2009).

Castro (1993) aplicou quatro atividades de História das Ciências, das quais três foram as descritas acima, e analisou as aulas de um professor que lecionava Física no curso noturno de uma escola estadual. A metodologia de sua pesquisa foi a mesma já explicitada.

A autora buscou analisar os episódios de ensino em três eixos baseados na revisão bibliográfica realizada na área de História e Filosofia das Ciências, no seu papel no ensino de Ciências e também nos dados empíricos obtidos nas aulas.

Os três eixos foram:

Tipo A – A história como fio condutor das construções empreendidas pelos alunos. Nesse eixo, foram selecionados todos os episódios em que se fez presente qualquer alusão, explícita ou não, à história, apresentados na forma de questão ou dúvida ou retratando explicações de fatos e fenômenos.

Tipo B – Reflexões dos alunos sobre a natureza do conhecimento científico advinda de discussões também propiciadas pelo enfoque histórico. Nesse eixo de abordagem, as contribuições incidem não tanto na construção dos conceitos da Ciência, mas no início de uma reflexão sobre ela.

Tipo C – Episódios em que observamos que questões e dificuldades levantadas pelos alunos no processo de elaboração do conhecimento se assemelhavam a dificuldades experimentadas pelos cientistas ao longo da história. Essas aproximações entre dúvidas e reflexões do aluno e do cientista constituem outras pontes para a elaboração de futuras atividades.

Foram encontrados vários episódios que foram classificados nos três eixos.

Nascimento (2003) também estudou a aula de um professor do curso noturno que utilizava a SEI Calor e Temperatura (2014). A aula escolhida foi a discussão do texto de Rumford. Seu foco foram as respostas escritas dos alunos e as interações entre professor e alunos durante a apresentação do texto.

A autora procurou analisar as transcrições dos vídeos tendo por base três categorias retiradas da revisão bibliográfica, que foram: 1 – a Ciência como atividade humana, ressaltando quais os interesses, os aspectos sociais e as dúvidas presentes na construção do conhecimento; 2 – o caráter provisório do conhecimento científico, reconhecendo a existência de crises importantes e remodelações profundas na evolução histórica dos conhecimentos científicos; 3 – a visão histórica e problemática da Ciência e da construção do conhecimento, colocando quais os problemas e dificuldades que geraram tal construção, contextualizando-os historicamente.

Sua pesquisa mostrou a principal dificuldade de um professor no curso noturno: este trabalhava com estudantes ora frequentes, ora não, o que dificultava a continuidade de seu trabalho quando as discussões conceituais realizadas em sala tornavam-se difíceis.

Entretanto, apesar dessa dificuldade, encontramos tanto nos episódios de ensino que mostravam a interação professor/alunos como em seus trabalhos escritos, situações muito claras em que tanto o professor em suas falas quanto os alunos em suas argumentações alcançaram as três categorias preestabelecidas. Os alunos desenvolveram textos originais, nos quais é possível notarmos o aprendizado de conceitos sobre a Ciência baseados em aspectos epistemológicos e considerados importantes para o ensino. O processo de escrita apresentou-se como evidência de que os estudantes focalizaram pontos importantes do texto, os quais o professor gostaria de ressaltar com base em seus objetivos para esta aula.

Sasseron et ali. (2009) trabalharam sobre os dados de duas investigações realizadas em nosso grupo de pesquisa: a de Vannucchi (1997), que estudou a introdução de textos históricos no ensino de Óptica, e a de Nascimento, citada acima. Refizeram as análises agora tomando os três eixos da Alfabetização Científica definidos por Sasseron (2008) como base teórica para classificar a argumentação dos alunos. Essa pesquisa indicou o aparecimento dos três eixos, com maior frequência dos dois primeiros.

6.1.1 – Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

As pesquisas descritas acima, realizadas com base nas Atividades de História da Física de uma Sequência de Ensino Investigativa, expõem uma relação constante entre a aplicação das atividades e a aprendizagem dos alunos em vários enfoques da cultura científica. Isso nos leva a afirmar que:

Se no planejamento e aplicação de Atividades de História da Física e consequentemente na escolha de textos a serem trabalhados, e se as aulas forem dadas obedecendo aos pressupostos metodológicos de um Ensino por Investigação, então teremos proporcionado aos alunos a participação em discussões sobre o que é Física e como o conhecimento físico é produzindo e, portanto, estamos introduzindo esses alunos na enculturação científica e os ensinando a falar Ciência.

Esse é um conhecimento que estamos estabelecendo e que se faz necessário em outras pesquisas, tendo por base outros textos históricos a fim de estabelecer essa relação com precisão.

6.2 – As aulas experimentais: laboratório de demonstração investigativa e laboratório aberto

Nas pesquisas no nível fundamental I já tínhamos trabalhado muito com o laboratório aberto, entretanto, no nível médio, essa modalidade de ensino torna-se mais ampla, incluindo também as demonstrações mais aprofundadas, pois as conclusões agora são baseadas em tabelas e gráficos, isto é, nas outras linguagens utilizadas na Física.

Nossas pesquisas nesses temas são ainda incipientes, pois temos somente dois trabalhos que analisaram as aulas de uma mesma professora em uma turma de primeiro ano do ensino médio de uma escola da rede pública da cidade de São Paulo que aplicava a SEI “Calor e Temperatura”. Apesar de analisarmos detalhadamente essas aulas, não podemos compará-las com outras.

A tese de doutorado de Capecchi (2004) analisou como a cultura científica foi disponibilizada no plano social da sala de aula por meio de atividades de experimentação e interações entre professora e alunos. As interações em sala de aula foram abordadas tendo por base uma análise multimodal dos modos de construção de significados (verbal – oral e escrito –, gestos e ações, visual) que eram relacionados com as funções de significado (ideacional, interpessoal e textual) empregadas por alunos e professora na construção de explicações. Essa análise descreveu como se desenvolveu a construção dos principais aspectos da cultura científica identificados nas aulas. Entre estes,

destacaram-se as diversas inscrições literárias (a construção dos dados numéricos e a tabela) e as discussões envolvendo habilidades de argumentação.

O trabalho de Carmo (2006) estudou as outras etapas do laboratório investigativo, desde a passagem dos dados da tabela para a linguagem gráfica, incluindo a verificação dos potenciais e limitações da tabela (CAPECCHI, 2004), e da gráfica para a algébrica, possibilitando a generalização dos resultados com base na equação fundamental da calorimetria. Nesse processo, como ocorre na Ciência (ROTH e LAWLESS, 2002), a professora criou condições para que os estudantes olhassem as diversas linguagens matemáticas das quais a Física se apropria, da mesma forma que fazem os físicos, ou seja, como se fosse uma “lente” para enxergar o fenômeno.

Portanto, Carmo pôde concluir que o nível de enculturação científica promovida pelas aulas de laboratório aberto vai além da simples aquisição de algumas práticas e conceitos da Ciência. Essas aulas, com a forma de trabalho da professora, criaram condições para uma enculturação que inclui os aspectos mencionados junto às linguagens científicas e, dentro dessas, a matemática, desde a linguagem gráfica até a algébrica. Assim, podemos falar em uma enculturação na matemática da Ciência.

Santos Neta (2013), em sua dissertação defendida em Portugal, também utilizou a aula de laboratório aberto, mas sem realizar as demais atividades da SEI. Outro fator diferente de nossas pesquisas foi a coleta e a análise de dados, o que dificulta a integração dos seus resultados com os nossos.

6.2.1 – Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

Essas duas pesquisas foram importantes por nos indicarem instrumentos de análise para descrever aulas experimentais. Serão de grande valia para futuras pesquisas em ensino e aprendizagem em atividades experimentais.

7 – Considerações finais

Em todos estes anos, estamos trabalhando com a relação entre o ensino de Física, em seus diversos níveis, e a aprendizagem dos alunos.

Nosso objetivo é que a aprendizagem dos alunos os leve à enculturação científica, e não apenas a um conhecimento de termos e conceitos científicos.

Para alcançar esse objetivo, o ensino deve oferecer condições para que os alunos participem de processos de investigação em que o desenvolvimento de raciocínios é exercitado, proporcionando o envolvimento crítico com a análise de situações de problemas e a resolução destes por meio do uso de hipóteses construídas e testadas pela delimitação de condições de validade para um fenômeno e pela exploração das variáveis relevantes no contexto investigado.

Organizamos para esse fim Sequências de Ensino Investigativas para o nível fundamental em que as atividades de Conhecimento Físico eram as primeiras de cada sequência, e para o nível médio, no conteúdo de Calor e Temperatura.

Nas pesquisas relatadas neste artigo, fomos buscar “como” essa relação se expressava em cada situação de ensino e aprendizagem, procurando descrevê-las em cada trabalho, indicando “o que” os alunos aprendiam. Comparando essas pesquisas, pudemos, em alguns casos – nas atividades investigativas de conhecimento Físico para o ensino fundamental e nas atividades de História da Física para o ensino médio –, propor um conhecimento sistematizado para a relação *ensino de Física e aprendizagem por enculturação*, como foi apresentado e que podemos sistematizar do seguinte modo:

Se no planejamento e aplicação de Atividades de Conhecimento Físico para o ensino fundamental e de História da Física para o ensino médio forem utilizados

as experiências e textos que planejamos nas SEI, e se as aulas forem dadas obedecendo aos pressupostos metodológicos de um Ensino por Investigação, então teremos proporcionado aos alunos a participação de discussões sobre o que é Física e como o conhecimento físico é produzido e, portanto, estamos introduzindo esses alunos na enculturação científica e os ensinando a falar ciência.

Não conseguimos sistematizar o mesmo conhecimento para as atividades experimentais do curso médio, uma vez que temos poucas pesquisas realizadas nesse campo. Entretanto, estamos em busca desse conhecimento, pois não há dúvidas de que as atividades experimentais são de grande importância para o desenvolvimento de um ensino que leve à enculturação científica.

Referências

- AMARAL, I. A. Currículo de Ciências na Escola Fundamental: a busca por um novo paradigma. In: BITTENCOURT, A. B.; OLIVEIRA JUNIOR, W.M. *Estudo, Pensamento e Criação*. Campinas: Graf. FE, v.1, 2005, p.83-98.
- CAPECCHI, M. C. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Argumentação dos alunos e o discurso do professor em uma aula de Física. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, v.2, n.2, 2000.
- CAPECCHI, M. C. M.; CARVALHO, A. M. P. Atividades de Laboratório como Instrumentos para a Abordagem de Aspectos da Cultura Científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v.17, n.1, p.137-153, 2006.
- CAPECCHI, M.C.M. *Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física*. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2004.
- CARMO, A. B. *Contemplando a cultura científica na sala de aula: um olhar sobre os alunos*, dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. *Os Estágios nos cursos de Licenciatura*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CASTRO, R. S. *História e Epistemologia Da Ciência; Investigando Suas Contribuições Num Curso De Física De Segundo Grau*. Dissertação de Mestrado apresentada à FEUSP. São Paulo, 1993.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A. I. *Conhecimento Físico no Ensino Fundamental*. São Paulo: Scipione, 1998.
- CARVALHO, A. M. P.; OLIVEIRA, C.; SASSERON, L. H. SEDANO, L.; BATISTONI. *Investigar e Aprender Ciências*. São Paulo: Sarandi, 2011.
- CARVALHO, A.M.P.; SANTOS E. I.; AZEVEDO M.C.P.S.; DATE, M.P.S.S.; FUJII, S.R.S. BRICCIA, V. *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora da Física, 2014.
- DRIVER, R.; NEWTON, P. *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Paper prepared for presentation at the ESERA Conference, 2 – 6, September, 1997, Rome, 1997.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 5, p. 556-576, 1999.
- GONÇALVES, M. E. R. *O Conhecimento Físico nas Primeiras Séries do Primeiro Grau*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- INHELDER, B.; PIAGET, J. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo: Pioneira, 1976.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., BUGALLO RODRIGUEZ, A; DUSCHL, R. A., "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics". *Science Education*, v.84, p.757-792, 2000.

- KRESS, G.; OGBORN, J.; MARTINS, I. A Sattelite View of Language: Some lessons from science classrooms. *Language Awareness*, v.7, n. 2, p.69-89, 1998.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção de fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LAWSON A. E. How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? *Science & Education*, v.9, n.6, p. 577-598, 2000.
- LAWSON, A. E. Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biology Education*, v.35, n.4, p. 165-169, 2001.
- LAWSON A. E. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process on Scientific Discovery? *Science & Education*, v.11, p.1-24, 2002.
- LAWSON A. E. T. Rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. *Science & Education*, v.13, p.155-177, 2004.
- LEMKE, J. L. *Aprender a Hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Espanha: Paidós, 1997.
- LEMKE, J. Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. In: MARTIN, J. R. E.; VEEL, R. (Eds.) *Reading science: functional perspectives on discourses of science*, London: Routledge, p. 87-113, 1998.
- LEMKE, J. Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, v.10, n.3, p. 247-271, 2000.
- LEMKE, J. Teaching all the languages of Science: words, symbols, images and actions. Disponível em: <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/sci-ed.htm>>. Acesso em fev.2003.
- LOCATELLI, R. J. *O raciocínio hipotético preditivo e o pensamento proporcional no ensino de Ciências*. Dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, 2006.
- MAGIE, W.F. *Source Book In Physics*. New York: Mcgraw-Hill, 1935.
- NASCIMENTO, V. B. *Visões de Ciências e Ensino por Investigação*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação da USP, 2003.
- OLIVEIRA, C. M. A. *Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências*. Tese apresentada à Faculdade de Educação da USP, 2009.
- PACHECO, D. Um problema no ensino de Ciências: organização conceitual do conteúdo ou estudo dos fenômenos. *Educação e Filosofia*, Uberlândia, v.10, n.19, pp. 63-81, jan./jun. 1996.
- PADILHA, J. N. *O uso das palavras e gestos durante a construção dos conceitos de sombra e reflexão nas aulas de conhecimento Físico*. Dissertação de mestrado. Programa Interunidades em Ensino de ciências, USP, 2008.
- PICCININI, C. L. *Análise da comunicação multimodal na sala de aula de ciências: um estudo envolvendo o conceito de célula*. Dissertação de mestrado, NUTES, UFRJ, 2003.
- PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1977.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. *Psicogénesis e Historia de las Ciencia*, México: Siglo Veintiuno editors, 1984.
- RICHARDSON, R. J. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

REY, R. C. *Um Estudo da Causalidade Física em Atividades de Ensino*, Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 2000.

ROTH, W. M.; LAWLESS, D. Science, Culture and Emergence of Language. *Science & Education*, v. 86, n. 3, p. 368-385, 2002.

SANTOS NETA, M. L. *A Ciência Física: Ensino com enfoque na Literacia Científica*. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Ciências da Educação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, 2013.

SASSERON, L. H. *Em busca de influências culturais na investigação e na explicação de atividades de Conhecimento Físico por alunos indígenas*. Programa de Pós—Graduação Interunidades de Ensino de Ciências, USP, 2005.

SASSERON, L. H. *Alfabetização Científica no ensino Fundamental – Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula*. Tese apresentada à Faculdade de Educação da USP, 2008.

SASSERON, L. H.; NASCIMENTO, V. B.; CARVALHO, A. M. P. O uso de textos históricos visando a Alfabetização Científica. In: *História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces*. BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; SANTOS, R. N.; WOU, W. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

SEDANO, L. *Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da USP, 2010.

TOULMIN S. E. *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.26, n.1, p. 81-102, 2009.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Recebido em fevereiro de 2014.
Aprovado em julho de 2014.