

Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica¹

Anna Maria Pessoa de Carvalho²

Resumo

Diversos pesquisadores têm defendido a idéia que a Ciência deve ser entendida como uma cultura que tem suas regras, valores e linguagem próprios, e, portanto, paralelamente, o ensino e a aprendizagem das Ciências deve ser planejado com o objetivo de introduzir os alunos neste universo cultural. Esta concepção de ensino de Ciências como enculturação prevê o desenvolvimento de múltiplas práticas em sala de aula de modo a facilitar a difícil tarefa de introduzir os alunos no universo das Ciências, proporcionando novas visões de mundo além de novas linguagens. Essa mudança de enfoque no ensino, porém, somente se torna realidade se o papel do professor em sala de aula for também modificado, assumindo uma série de novos discursos e novas habilidades além das tradicionais. Neste trabalho pretendemos buscar essas novas habilidades dentre os diversos autores que estudam o ensino e o seu desenvolvimento em sala de aula.

Palavras-chave: Habilidades de ensino. Linguagens em sala de aula. Linguagens da matemática. Enculturação científica.

TEACHER'S SKILLS TO PROMOTE THE SCIENTIFIC ENCULTURATION

Abstract

Various researchers have shown that science can be understood as a culture that has its own rules, values and language, and that science teaching and learning should be seen as a process of enculturation. This concept of science teaching as enculturation calls for the development of multiple classroom practices aimed to

¹ Apoio CNPq e Fapesp.

² Doutora em Educação pela USP. Professora da Faculdade de Educação da USP. ampdcarv@usp.br

facilitate the difficult task of introducing students to the universe of science by providing new views of the world as well as new languages. However, this change of focus in teaching will only become reality if the teacher's role in the classroom is also changed and teachers, in addition to their traditional practices, embrace a series of new discourses and new skills. In this paper we intend to seek out these new skills described by the various authors who study teaching and its development in the classroom.

Keywords: Teaching skills. Mathematical languages. Process of scientific enculturation.

Recentemente (2/5/2007) foi apresentada na Fundação Oswaldo Cruz uma pesquisa de percepção pública da ciência e tecnologia, realizada pelo Ministério de Ciências e Tecnologia e pelo Museu Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz em parceria com a Academia Brasileira de Ciências e outros órgãos internacionais. Os resultados indicavam que assuntos como Ciências e tecnologia interessam mais à população brasileira do que política ou moda, por exemplo, e quase o mesmo que esportes. De outro lado, esta mesma pesquisa revelou que 37% dos entrevistados disseram não se interessar por Ciências e tecnologia porque não entendem do assunto.

Esses dados, tão inesperados, vêm confirmar uma posição de muitos estudiosos que mostra a Ciência como uma das contribuições mais importantes da grande aventura intelectual das sociedades humanas ao longo de sua história; nela se concentram a curiosidade e os incansáveis intentos de explicar o mundo em que vivemos.

Apesar da sua grande importância em nossa cultura, e do interesse pela Ciência e tecnologia de nossa população o conhecimento científico que é apresentado nas escolas não reflete nenhum dos aspectos da Ciência como desenvolvimento humano, nem desperta a curiosidade, muito ao contrário, a tradição do ensino científico, quer no curso fundamental, quer mesmo no médio ou na universidade, obriga os alunos a memorizar *os conhecimentos já comprovados*, que não são usados nem nas próprias classes dessa área. As experiências – quando existem – se reduzem a uma receita, o chamado *método científico*, em vez de serem planejadas para que os alunos resolvam um problema experimental procurando uma resolução e uma explicação quando então possibilitaria a presença de alguns aspectos culturais e motivacionais neste ensino.

Este ensino utiliza como elemento básico a memória dos estudantes para nomes, leis e fórmulas e sua destreza matemática para a resolução de exercícios. Como consequência essas aulas são repudiadas pela maioria dos alunos, que não vêem sentido nem finalidade nesta aprendizagem.

Essa dicotomia entre o que é Ciência e como ela está sendo ensinada desde os primeiros anos do Ensino Fundamental tem levado os pesquisadores em ensino de Ciência a uma reflexão sobre o processo de enculturação científica (ou alfabetização científica)³ apontada na literatura atual como condição fundamental para que os indivíduos participem de forma crítica e consciente na sociedade contemporânea (Sutton, 1998; Driver; Newton, 1997; Roth, 1999; Jiménez Aleixandre, 2005; Carvalho, 2005; Capecchi; Carvalho, 2006).

Esta relação entre alfabetismo científico e sociedade contemporânea foi estudada por Cazelli e Franco (2001) que, a partir dos conceitos sobre modernidade, globalização e relação entre ciências e sociedade, examinaram o tema dos níveis de cultura e de alfabetismo científico demandados para a inserção do indivíduo nesta sociedade. Os autores concluem que, no que se refere à educação em ciências escolar, existe uma superação da “eficácia” dos processos dogmáticos que limita a escola a confiar em sistemas especialistas, e a “ciência que é ensinada na escola necessita responder às inúmeras mudanças que ocorrem no contexto social e ajudar os jovens para participarem como cidadãos, conformando o mundo no qual viverão” (Cazelli; Franco, 2001, p. 14).

Essa idéia é também partilhada por Cachapuz et al (2005), quando os autores mostram que o objetivo da escola fundamental e média não é formar futuros cientistas, mas permitir que os alunos possam entender o mundo discutindo e compreendendo os fenômenos científicos e tecnológicos. Na mesma direção, Hurd (1998) e Yore et al (2003) expressam a necessidade de a escola permitir aos alunos compreenderem Ciências e suas tecnologias como condição para preparar cidadãos para o mundo atual.

Revedo em vários trabalhos e pesquisas (nacionais e/ou internacionais) em Ensino de Ciências, Sasseron e Carvalho (2007) mostraram algumas confluências por meio das quais se podem identificar três pontos como aque-

³ Sasseron e Carvalho (2007) fazendo uma revisão bibliográfica nas pesquisas em Alfabetização Científica revê o trabalho de Fourez (1994, p. 12) em que o autor destaca que “é interessante perceber que nos documentos da Unesco, o termo inglês *literacy* (de *scientific and technological literacy*) é traduzido pela palavra “cultura” e não “alfabetização”.

les que mais são considerados ao se definir a alfabetização ou enculturação científica: o entendimento das relações existentes entre ciência e sociedade, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e a compreensão básica de termos e conceitos científicos fundamentais.

Estes três pontos também foram definidos pela OECD – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – como objetivos a serem alcançados pelas questões de seu programa Pisa – Programme for International Student Assessment. Eles definiram esses três pontos apresentados pela literatura como: “processos científicos ou habilidades” – os processos mentais envolvidos na abordagem de questões (identificar evidências ou explicar conclusões); “conceitos e conteúdo” – o conhecimento científico e o entendimento conceitual requerido para esses processos; e “contexto” – as situações nas quais os processos e o entendimento são aplicados (OECD, 2000, p. 76).

Assim sendo, como mostram Sasseron e Carvalho (2007), urge a necessidade de um ensino de Ciências que permita aos alunos trabalhar e discutir problemas envolvendo fenômenos naturais como forma de introduzi-los ao universo das Ciências e não mais ensinando uma Ciência “acabada” e “pronta” em que não há espaço para discussões acerca de seus fenômenos, mas somente a sua operacionalização⁴ em exercícios de lápis e papel (Carvalho; Gil-Pérez, 2001).

Neste contexto, é de suma importância a elaboração de currículos e/ou projetos em Ensino de Ciências que, segundo Jenkins (1999), devem ser estruturados de modo a possibilitar o engajamento reflexivo de jovens estudantes em assuntos científicos que sejam de seu interesse e preocupação.

No Brasil, vários são os grupos de pesquisa em Ensino de Ciências que estão orientando seus alunos de Mestrados e/ou Doutorados para estudar inovações curriculares para o Ensino Fundamental e Médio, que levem os alunos

⁴ O termo operacionalização é aqui empregado segundo o significado dado por Yves Chevallard (1991) para a capacidade de determinados temas serem transformados em exercícios para a sala de aula.

a uma enculturação científica procurando fazer uma estreita relação entre ciências/tecnologia/sociedade (Carvalho et al, 1998, 1999; Lorenzetti; Delizoicov, 2001; Auler; Delizoicov, 2001; Penha, 2006; Oliveira, 2006 e muitos outros trabalhos que estão sendo produzidos nos diversos grupos de pesquisas e apresentados nos congressos de Ensino de Ciências). Em muitos casos essas dissertações de Mestrado e teses de Doutorado são transformadas em material didático inovadores e levados, por meio de cursos de formação continuada, às escolas das comunidades.

O que há em comum a todos esses cursos é uma nova concepção de Ensino de Ciências em que as propostas de ensino se consolidam com a introdução, em sala de aula, de múltiplas práticas e onde o debate e as controversias têm um papel importante no desenvolvimento do aprendiz. Para isso, é necessário proporcionar momentos em que os alunos possam participar de discussões relacionadas ao conhecimento científico e às inovações tecnológicas às quais têm acesso e aos problemas ambientais que afligem o mundo, seu próprio futuro e o do planeta (Sasseron; Carvalho, 2007) de modo a alcançarem o que a OECD define como ser alfabetizado cientificamente: “ser capaz de combinar o conhecimento científico com a habilidade de tirar conclusões baseadas em evidências de modo a compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo e as mudanças nele provocadas pela atividade humana” (OECD, 2000, p. 76).

Essa mudança de enfoque no ensino, entretanto, somente se torna realidade se o papel do professor em sala de aula for também modificado, assumindo uma série de novos discursos e novas habilidades além das tradicionais. E qual o papel do professor na introdução de uma proposta didática inovadora?

É justamente esse papel, essas novas habilidades de ensino necessárias para facilitar a enculturação científica dos alunos, que nos propomos a mostrar neste artigo. Primeiramente caracterizaremos essas novas habilidades a partir de um referencial teórico buscado dentre os diversos autores que estudam o ensino e o seu desenvolvimento em sala de aula. Depois mostraremos

exemplos concretos destas novas habilidades retirados de pesquisas orientadas e realizadas no LaPEF que estudaram a sala de aula dos Projetos “Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico” (Carvalho et al, 1998) e “Termodinâmica: um ensino por investigação” (Carvalho et al, 1999).

Habilidade de Provocar a Argumentação em Sala de Aula

A habilidade de levar os alunos a argumentarem merece ser trabalhada pelos professores nas aulas de Ciências, pois é pela exposição argumentativa de suas idéias que os aprendizes constroem as explicações dos fenômenos e desenvolvem o pensamento racional.

Ensinar os alunos a argumentarem, entretanto, não é uma tarefa fácil e requer do professor muita habilidade. É importante o professor ter presente que, embora uma condição mais favorável para a argumentação seja o dissenso, que encontramos nas atividades nas quais o conflito entre idéias aparece, no caso em que se trabalha com a argumentação dos alunos para construir explicações nas aulas de Física uma síntese ou um consenso da turma é necessário. Para que este objetivo seja alcançado é necessário que o professor, por meio de pequenas questões, leve os alunos a: ponderar sobre o poder explicativo de cada afirmação, reconhecer afirmações contraditórias, identificar evidências e integrar diferentes afirmações mediante a ponderação de tais evidências.

Para que este processo ocorra, os estudantes precisam ter oportunidade de expor suas idéias em sala de aula, e para tanto o professor deve criar um ambiente encorajador, de tal forma que os alunos adquiram segurança e envolvimento com as práticas científicas. É na interação entre professor e alunos que estes tomam consciência de suas próprias idéias e têm também oportunidade de ensaiar o uso de uma linguagem adequada ao tratamento científico da natureza (Carvalho, 2007).

A argumentação como gênero discursivo da cultura científica vem recebendo atenção dos pesquisadores da área de ensino de Ciências já há algum tempo (Candela, 1997, 1999; Duschl et al, 1999; Jiménez Aleixandre et al, 1998; Driver et al, 1999; Villani, 2002). Capecchi (2004), fazendo uma revisão bibliográfica destes trabalhos, mostrou que eles podem ser separados em dois grupos, em função do enfoque adotado sobre o tema argumentação. Enquanto os estudos de Candela abrangem características gerais do discurso argumentativo em aulas de Ciências, os demais trabalhos citados têm como enfoque aspectos estruturais que aproximam os argumentos construídos em sala de aula daqueles empregados dentro da cultura científica.

Candela (1997, 1999) observou que à medida que práticas discursivas são incentivadas nas aulas de Ciências, os alunos vão se apropriando de novas formas de se expressar, adquirindo mais independência e confiança em suas idéias. O principal foco de sua pesquisa foi investigar a capacidade dos estudantes de expressar suas opiniões e participar de uma forma ativa nos processos de negociação de conhecimentos.

Para investigar aspectos estruturais de argumentos que possibilitam aproximá-los da argumentação científica, os autores dos demais estudos citados anteriormente adotam como referência um padrão desenvolvido por Toulmin (1958).

Dentro da perspectiva de aprendizagem de Ciências como enculturação, Driver e Newton (1997) sugerem a elaboração de atividades adequadas para que os alunos argumentem em sala de aula, e apresentam categorias para a análise de tais argumentos a partir do padrão instituído por Toulmin (op. cit.). As categorias elaboradas valorizam a presença de teorias conflitantes e as sínteses nas discussões em sala de aula. Assim, a cada categoria é atribuído um nível de qualidade com base tanto na complexidade dos argumentos utilizados quanto na existência ou não de interação entre diferentes idéias. Os autores classificam como nível 0 (zero) uma argumentação incompleta que não apresenta uma justificativa, e como nível 1 se o argumento, mesmo incompleto, apresenta justificativa. Quando encontramos afirmações competitivas di-

zemos que as argumentações são de nível 2, e se os alunos empregam qualificadores ou refutação classificamos a argumentação como nível 3. Fazer julgamento integrando diferentes argumentos – nível 4 – indica uma compreensão elevada da natureza do conhecimento científico. Quando os alunos buscam uma síntese numa discussão sobre determinado fenômeno ou tema relacionado à Ciência estão buscando modelos explicativos mais abrangentes, o que passa necessariamente pela elaboração de argumentos mais completos.

Um exemplo em uma aula de Física para o Ensino Médio

O episódio de ensino que iremos apresentar foi extraído de uma aula de Calorimetria dada para a primeira série do Ensino Médio (Silva, 1995) que depois foi analisada sob o ponto de vista das argumentações que se desenvolveram na sala de aula (Capechi; Carvalho; Silva, 2000).

Nesta aula, antes da seqüência analisada, o professor havia feito algumas experiências em laboratório com os alunos, comparando o forno de microondas com o forno elétrico convencional. A seguir apresentamos a transcrição da fase da aula em que o professor pediu aos alunos que lessem em voz alta o que haviam escrito sobre cada classe de fornos a partir das discussões das aulas anteriores.

Aluno 8: Professor ... eu coloquei parecido com o J ... eu coloquei que as ondas interagem diretamente com o alimento ... não interagem com o recipiente ou com o ar ... que tá lá dentro ... então essa energia de agitação das moléculas do alimento vai ser maior ... que a energia ... das moléculas do ar que tá no forno normal [a gás] ... então tem mais diferença de temperatura ... vai ter e mais propagação de calor ... então vai evaporar mais água também e vai ficar mais seco.

Pr: Espera aí ... O aluno 8 colocou uma nova situação: ele falou de moléculas de alimentos ... quais são as moléculas que basicamente constituem um alimento?

Aluno 9: Água ...

Pr: Água e que mais? Alimento é constituído de que?

Aluno 10: Amido ... carboidratos ... e outras coisas.

Pr: Será que as microondas interagem como um todo? ... em todas as moléculas? Será que elas interagem com todas?

Aluno 5: Acho que são com as da água, né?

J: E aí as moléculas de água passam para as outras moléculas do alimento.

Pr: Ótimo! Conta pra mim João, a que temperatura a água começa a evaporar? A que temperatura ela vai entrar em ebulição?

J: 100 graus ...

Pr: 100 graus Celsius ... agora eu pergunto o seguinte: será que essa microonda vai interagir com uma molécula de proteína?

J: As moléculas de água ...

Pr: O aluno 8 falou outra coisa importante: que a temperatura que o alimento foi submetido no microondas é maior que a do que foi submetido no forno a gás. Vocês concordam?

Aluno 11: Eu discordo ...

Pr: Diga ...

Aluno 11: Se a molécula de água evapora a 100 graus, o máximo que ela vai ficar é até 100 graus Celsius ... no microondas. Depois ela vai evaporar ... e no forno tem uma temperatura maior porque ele aquece todas as moléculas ... não só as de água ... A gente quando abre um microondas vê um monte de vapor ... e no forno sente um bafo ... um ar quente ... (Silva, op. cit., p. 231, 232).

Nesta seqüência são apresentadas pelos alunos afirmações com justificativa, hipótese, refutação e também uma síntese. Isso só foi possível, contudo, por causa das habilidades de comunicação do professor. A partir da afirmação do aluno 8, o professor inicia um questionamento que chama a atenção dos alunos para novos aspectos do problema. O professor cria um ambiente de sala de aula em que os alunos têm liberdade de apresentarem livremente suas idéias, mas os conhecimentos básicos já compartilhados pela classe são enfatizados mediante questionamentos diretivos.

O professor também procura chamar a atenção dos alunos para o que os colegas falam. Quando o professor começou a participar com uma alternância de padrões discursivos, a atenção dos alunos foi direcionada para aspectos fundamentais já discutidos anteriormente, impulsionando a formulação de uma síntese (nível 4, segundo Driver). A solicitação de conhecimentos básicos foi fundamental para a conclusão, da mesma forma que o aproveitamento da fala espontânea do aluno 8 enriqueceu substancialmente a discussão.

Habilidade de Transformar a Linguagem Cotidiana em Linguagem Científica

Considerar o papel da argumentação como ferramenta científica reforça a necessidade de o professor dedicar especial atenção às linguagens empregadas pelos alunos durante as discussões realizadas em sala de aula. Como adverte Lemke (1997, p. 105).

ao ensinar Ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras ... mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitáveis.

E essa habilidade de transformar a linguagem cotidiana dos alunos em linguagem científica requer muito cuidado do professor, pois ao levar os alunos a se expressarem de maneira científica ele não deve reprimi-los. Essa passagem precisa ser feita com naturalidade para que os alunos não se sintam oprimidos e parem de participar do debate. E isso não é fácil, pois vemos que o fenômeno dos alunos falarem cada vez menos ao alcançarem maiores níveis de escolaridade não é somente brasileiro. Grandy e Duschl (2007) mostram que os estudantes nos primeiros anos escolares fazem questões, mas estas

questões não são necessariamente científicas e o que se observou em muitos ambientes de sala de aula é que em vez de os alunos aprenderem a fazer questões científicas eles simplesmente param de questionar.

Exemplo em aula de Física para o Ensino Médio dentro do “Projeto Termodinâmica: um ensino por investigação”

A seqüência abaixo foi retirada do trabalho de Capecchi (2004). É um pequeno trecho do final de uma aula de laboratório na qual se procurava obter o patamar de temperatura da água quando esta entra em ebulição. Os alunos estão analisando os dados obtidos pelos grupos. Os números entre parênteses correspondem aos turnos do episódio de ensino escolhido, A corresponde a alunos e P a professora.

(10) A14: *porque a água foi quase noventa e sete... mais ou menos...*

(11) P: *ah (aluno fala algo) a temperatura ... a temperatura de todos ...*

(12) A2: *quase todos...*

(13) P: *quase todos ... mas ... ah:: noventa e sete ... noventa e sete e meio ... noventa e sete ... noventa e oito ... noventa e seis e m/ ... noventa e s/... – continuação da quinta – ... noventa e seis e meio... noventa e seis e nove... noventa e sete... então – da comparação com os resultados em todos os grupos ... (pausa de 30”) ... em todos ... a temperatura estabilizou próximo de noventa e sete graus... [P escreve na lousa: “Da comparação com os resultados de todos os grupos, temos: a) Todos começaram com a mesma temperatura (do ambiente); b) Em todos a temperatura estabilizou próximo de 97°C”].*

O professor valoriza a participação dos alunos e não os reprime, entretanto ele mostra-se cuidadoso com a linguagem científica: a contribuição de A14 – “porque a água foi quase noventa e sete... mais ou menos” (turno 10) – é transformada para “em todos a temperatura estabilizou próximo de noventa e sete graus Celsius”, quando apresentada na forma escrita.

No turno 13 o professor aceita a contribuição de A2 e verifica os dados da tabela, valorizando sua participação. Aqui também se nota a diferença entre a linguagem cotidiana dos alunos e a transformação em linguagem científica pelo professor. Do ponto de vista de A2, as diferenças encontradas nos valores de temperatura obtidos são importantes, enquanto para o professor, que representa o discurso científico, elas podem ser desprezadas. O professor unifica o discurso na seqüência – “então -- da comparação com os resultados em todos os grupos ... (pausa de 30’) ... em todos ... a temperatura estabilizou próximo de noventa e sete graus”.

Exemplo em uma aula dentro do Projeto “Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico”

Este é um trecho de uma aula dada na terceira série da Escola Fundamental. Foi distribuído aos alunos um material experimental constituído de uma rampa que acabava em um *looping*. No alto do *looping* havia uma pequena cesta. Era solicitado que os alunos, em pequenos grupos, resolvessem o seguinte problema: de que ponto da rampa deve-se soltar uma pequena esfera para que ela caia na cestinha?

No trecho a seguir os alunos, já tendo resolvido o problema, estão explicando para a professora o que fizeram e o porquê a esfera caiu na cestinha.

Professora: Por que a bolinha caiu dentro da cestinha?

Aluno 1: A velocidade era muito rápida pra bolinha ficar lá em cima e cair na cestinha, aí ela dava um looping inteirinho, aí a gente foi calculando, calculando, até que deu certo.

Aluno 2: Quando estava no começo, era muita velocidade e passava, aí não... dava.... . Aí abaixando um pouquinho, aí depois a gente foi muito baixo, aí não deu porque ela tinha pouca pressão, aí a gente levantou só mais um pouquinho e ela foi direito.

Aluna 3: Quanto menos velocidade você colocar, a bolinha ... entra bem na cestinha. A gente descobriu isso.

Aluna 4: Quando a gente coloca a bolinha em um certo ponto, aí quando ela vai girar, ela perde pressão e cai dentro da cestinha.

Aluna 5: A gente coloca mais embaixo, ela não dá a volta completa. Ela pára no meio e cai dentro da cesta.

Aluna 6: Porque quando ela está lá em cima, ela pega muita pressão e quando ela está mais para baixo ela pega menos pressão e não dá a volta completa, ela vai um pouquinho menos e cai na cesta.

Profª: Gente, nós estamos agora com uma dúvida. Alguns colegas nossos quando explicam a experiência, explicam falando sobre velocidade, velocidade da bolinha. Outros dizem pressão da bolinha, são duas coisas diferentes, ou não? Então eu quero saber de vocês, se é a velocidade ou se é a pressão, ou se as duas coisas são iguais.

Aluna 5: É a velocidade. Quando a gente colocava em certo ponto, corria... corria um pouquinho mais rápido. A gente colocou um pouquinho mais baixo, deu certo.

Aluno 2: É a velocidade, porque quando coloca no pontinho preto ali, ela vai um pouquinho rápido aí cai (Gesticulando com o dedo) dentro da cestinha.

Aluna 3: Porque lá em cima tem mais descida, então ela pega mais velocidade.

Foi importante a intervenção da professora para a tomada de consciência dos alunos sobre as suas explicações. Ao pôr em contraposição as duas palavras “velocidade” ou “pressão”, fez com que os próprios alunos escolhessem a palavra que melhor se adequasse a suas explicações e passassem a somente utilizar o termo velocidade. Esta foi a primeira vez que esses alunos entraram em contacto, de maneira sistemática, com fenômenos físicos e eles deveriam ser iniciados nas explicações físicas com as palavras cientificamente mais apropriadas.

Habilidade de Introduzir os Alunos nas Linguagens da Matemática – Tabelas, Gráficos, Equações

Para discutirmos as habilidades de introduzir os alunos nos diferentes aspectos das linguagens matemáticas temos de analisar duas classes de conceitos que aprimoram as linguagens científicas e são de grande importância para entendermos as habilidades de comunicação no ensino: a especialização/cooperação dos diferentes modos de comunicação⁵ para a construção de significados (Kress et al, 2001; Márquez et al, 2003) e os aspectos tipológicos/ topológicos da linguagem matemática (Lemke 1998), pois apenas as linguagens oral e escrita não são suficientes para comunicar os resultados científicos.

Uma importante habilidade de comunicação para o ensino das Ciências é que as linguagens empregadas pelo professor possam:

- Cooperar: quando duas ou mais linguagens atribuem um mesmo significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções semelhantes. Por exemplo, ao dizer que a temperatura de um gráfico aumentou linearmente, o professor pode usar, ao mesmo tempo, um gesto que represente a curva do gráfico, ou apontar diretamente o local de aumento. Logo, fala, gesto e curva são empregados de forma cooperativa para expressar a mesma idéia;
- Especializar: quando duas ou mais linguagens atribuem um significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções distintas. Por exemplo, quando o professor explica a variação de uma entidade em um gráfico, pode empregar a fala para apontar um aumento ou um decréscimo, enquanto a

⁵ Lemke (1998), em um estudo sobre textos científicos, chama a atenção para a origem e integração de diferentes linguagens (modos semióticos) empregadas na comunicação. O autor lembra que as linguagens verbais são sempre acompanhadas de gestos e expressões faciais e a linguagem escrita vem acompanhada de tabelas e gráficos – portanto também temos de prestar atenção nestas outras linguagens visuais que sempre acompanham a linguagem verbal.

curva pode mostrar como se deu a variação – linear, exponencial, logarítmica, etc. Assim, essas duas linguagens são usadas de forma especializada para a construção do significado.

Segundo Lemke (1999), não se faz e não se comunica Ciência somente pela linguagem oral ou pela escrita, pois a linguagem científica é um híbrido semiótico, contendo, ao mesmo tempo, um componente verbal-*tipológico* e outro matemático-gráfico-operacional-*topológico*.

Entende-se por recursos tipológicos qualquer tipo de classificação que envolva categorias discretas, tais como quente e frio; longe e perto; alto e baixo; momento angular e momento linear; condução, convecção e irradiação, etc. Eles servem para analisar e classificar os contextos culturais por meio dessas categorias que, geralmente, se opõem umas às outras.

Já recursos topológicos são variações contínuas ou quase contínuas sobre alguma propriedade dos objetos materiais, ou seja, são os significados contidos nas proporções entre os entes que construímos. Eles representam as variabilidades contínuas, tais como: tamanho, forma, distância, proporção, intensidade, tempo, velocidade, temperatura, pressão, voltagem, concentração, densidade, etc., com cada uma dessas entidades podendo variar dentro da topologia dos números reais. São também alguns exemplos desses recursos: desenhos, gestos, gráficos e qualquer tipo de representação visual. Segundo Lemke (1998):

A linguagem natural é muito limitada na sua habilidade para descrever variações contínuas, formas e movimentos no espaço. Gesticular é uma linguagem muito mais apropriada para expressar tais significados. Desenhos e representações visuais, que são em muitos aspectos os últimos traços dos gestos, que também repousam sobre os gestos assim como a escrita faz para a fala, são um meio[...] para expressão de tais significados. Para relações quantitativas nós temos, além disso, entendido a linguagem natural com a linguagem da matemática, e aprendido a usá-la como uma ponte entre a linguagem verbal e os significados que nós fazemos nas representações visuais (p. 4).

Com isso, para introduzir os alunos no mundo das Ciências o professor deve ter a habilidade de, em suas aulas, integrar discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráficas e visuais, e nesse processo de ensino criar um ambiente tal que o aluno, pouco a pouco, vá também construindo os seus significados com as diferentes linguagens.

A importância da habilidade que o professor deve ter em sua comunicação na ação de integrar todas as diferentes linguagens vem do fato de que se para cientistas um gráfico ou uma fórmula é praticamente o próprio fenômeno em discussão, para os estudantes trata-se de mais linguagens a serem decodificadas, que se não forem explicitamente relacionadas com um fenômeno, tornam-se apenas mais um formalismo a ser decorado, desprovido de sentido (Roth, 2003).

Esse fato é muito comum no ensino formal de Ciências, em que o conteúdo das disciplinas muitas vezes é reduzido apenas ao tratamento operacional das fórmulas matemáticas, sem considerar suas origens e processos de construção. A compreensão dos alunos sobre as vantagens e limitações das diversas linguagens para a produção de significados dentro da cultura científica é o que faz a diferença no aprendizado dos alunos.

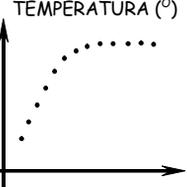
Exemplos em aula de Física para o curso médio

Os exemplos a seguir foram retirados de aulas gravadas em uma primeira série do Ensino Médio dentro do Projeto do Ensino de Termodinâmica (Carvalho et al., 1999), sendo que os episódios de ensino foram alguns dos escolhidos e analisados por Carmo (2006) quando estudou a construção da linguagem matemática naquelas aulas.

Nesses episódios, além da linguagem oral, também vamos analisar a linguagem gestual e a linguagem gráfica (lousa) da professora e por esse motivo as transcrições são apresentadas em outra diagramação e obedecendo a códigos específicos. As letras maiúsculas mostram uma entonação de voz mais

forte; quando as palavras são grifadas significa que ao mesmo tempo ela está escrevendo ou desenhado na lousa; as palavras entre parênteses duplos (()) são observações da pessoa que fez a transcrição. Nos episódios, os turnos de fala são numerados.

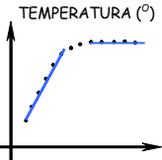
Episódio 1

Linguagem Oral / Ações	Visual / Escrita
<ol style="list-style-type: none"> 1. P: ((professora está em pé de frente para a turma no centro da sala)) bom ... vamos prestar atenção um pouquinho ... eu pedi pra não unir os PONTOS ... nós não estamos fazendo um gráfico de matemática ... o gráfico de matemática é uma equação exata... você... faz valores para o x ... calcula o y... ((comentários de alunos)) dá tudo certinho bonitinho ... nós NÃO sabemos... o resultado desse gráfico... nós temos uma SÉRIE de medidas... colocamos no gráfico pra ver o que acontece...e todo mundo teve uma coisa mais ou menos... assim... tá... como eu: circulei por aí... eu vi como ficava o desenho ... <u>ficou mais ou menos isso aqui... né...</u> 2. A2: É 3. A?: Ficou... 4. P: Não é!... 5. A2: ahnham... 6. A7: é ... 7. A4: Mas... 	<p style="text-align: center;"><u>Desenha pontos no gráfico</u></p> 

É importante salientarmos a habilidade da professora, no turno 1, ao comunicar aos seus alunos a especificidade da natureza de um gráfico usado na Física, enfatizando que, na pesquisa científica, não se tem certeza dos resultados que serão obtidos. Essa habilidade de comunicação mostra a preocupação em tratar o gráfico de forma aproximada ao usado no cotidiano científico.

Ela adota a *especialização* das linguagens quando o significado da linguagem oral é respaldado pela linguagem visual, uma vez que a primeira não dá conta de representar a idéia em questão. Com a especialização das linguagens a professora vai introduzindo os alunos no significado *topológico* da curva, que dificilmente seria construído somente com a linguagem oral.

Episódio 2

Linguagem Oral / Ações	Visual / Escrita	Gestos
<p>4. P todo mundo... teve... <u>uma parte... em que a temperatura... vai aumentando...</u> que corresponde a essa parte inclinada... depois aqui teve um espacinho que dá uma... dá uma curvadinha... né... num é uma coisa muito RETA... e depois... estabilizou aqui a temperatura... DÁ pra gente perceber ... QUE ... ISSO <i>AQUI PARECE uma reta...</i> <i>isso aqui parece OUTRA reta...</i> aqui não porque aqui:: dá uma curvada... mas... não dá a impressão... OLHANDO SÓ OS PONTOS... por isso que eu pedi pra não ligar... só os pontos... que aqui a gente tem uma reta... aqui teria uma curvinha... e depois emenda com uma outra reta horizontal?</p> <p>5. A: ahnhm...<i>((alunos respondem juntos))</i></p> <p>6. A?: Mais ou menos...</p> <p>7. P: Se... a gente pegar a régua... e colocar...</p> <p>8. A?: reta...</p> <p>9. P: não vai dá uma reta...</p> <p>10. A17: não ...</p> <p>11. P: <u>mas tudo mos-tra</u> ...</p> <p>12. A?: ...que é uma reta...</p> <p>13. A17: que é uma reta ... ah ... puxa ...</p> <p>14. P: como é que a gente resolve isso?</p> <p>15. A5: a minha não deu uma reta...</p> <p>16. A18: essa aqui não deu reta...</p>	<p><i>Desenha duas retas no gráfico</i></p> 	<p><u>Simula reta ascendente</u></p> <p>Acompanha pontos do gráfico com a mão</p> <p><u>Simula reta ascendente</u></p>

No turno 8 a professora apresenta uma habilidade de utilizar *cooperativamente* a linguagem verbal e a gestual (simulando uma reta ascendente e acompanhando os pontos no gráfico) visando a salientar as características *topológicas* do fenômeno estudado (aumento linear e constância da temperatura em certo período de tempo).

Quando os estudantes mostram certa desconfiança (turnos 10, 19 e 20) ao responderem à questão proposta (turno 9) a professora utiliza a habilidade de cooperação entre a linguagem oral e a gestual mostrando a linearidade do aumento.

Episódio 3

Linguagem Oral / Ações	Visual / Escrita	Gestos
12. P: não é 10 graus... é de 18 graus até o 30 ... dá 12 graus ((no grupo)) 13. A: 12... professora 14. P: 12 graus mais 12 minutos, bom não dá isso exatamente... ((inaudível))... 29... então são 11 graus em 2 minutos ... então... em cada minuto... 5 graus e meio... 15. A3: vocês tavam usando maçarico... mano ((Provavelmente olhando os dados do grupo que a professora estava ajudando, do qual ele não fazia parte)) 16. P: então ... aí depende das condi -- nós vamos ver -- depende das condições de cada grupo ((44')) 17. A3: por exemplo ele usou um maçarico.... ((P apaga parte da lousa onde estavam a função $\theta = a.t + b$ e seu respectivo gráfico e continua escrevendo o roteiro)) ((Nos minutos seguintes P continua ajudando os alunos, até o intervalo, no qual alguns alunos continuam a realizar a atividade. Esse evento continuou no volta do intervalo))	“O valor de a corresponde à inclinação do gráfico, ou seja, a quantos °C a temperatura aumenta a cada minuto. Para obter o valor de a, verificamos que a temperatura correspondente a 1 minuto é $\theta = \dots\dots\dots$, ou seja, “ “em 1 minuto, a temperatura aumentou $\theta_1 - \theta_2 = \dots\dots\dots$ °C. Escrevemos, então, a função correspondente ao nosso gráfico: $\theta = \dots\dots t + \dots\dots$ ”	

Este episódio revela como o aluno entendeu perfeitamente a linguagem gráfica. A3, ao observar os dados dos colegas, constatou que o aumento de temperatura foi bastante elevado em relação ao observado nas aulas anteriores. Dessa forma, mesmo em tom jocoso, sua fala evidencia como ele relaciona fenômeno com a representação matemática, ou seja, ele vê o aquecimento rápido na linguagem algébrica e na gráfica, o que levou ao deboche ao mencionar o maçarico.

Como destaca Carmo (2006) em seu trabalho, “esse aluno como os cientistas de Roth (2003), parece ver o fenômeno no gráfico e na função obtida pelo colega”.

Nestes três episódios de ensino vemos a importância, na habilidade de comunicação da professora, da cooperação e da especialização entre as linguagens empregadas. Por outro lado, é importante notar a gradativa construção dos significados topológicos para a representação fenomenológica. Essa integração entre as diferentes linguagens matemáticas fica então natural para os alunos, como é ara os cientistas.

Respondendo à Questão Inicial e Propondo Novas Questões

Como discutimos na introdução deste artigo, é de grande importância a inserção, na Escola Fundamental e Média, de propostas de ensino que levem os alunos à enculturação científica.

A condição necessária, no ensino de um dado conteúdo de Ciências, é que estas propostas inovadoras sejam compostas de atividades de ensino que permitam aos alunos combinar o conhecimento científico que está sendo ensinado com a habilidade de tirar conclusões baseadas em evidências, de modo a compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo e as mudanças nele provocadas pela atividade humana. É necessário também que estas atividades possibilitem o engajamento reflexivo de estudantes em assuntos científicos que sejam de seu interesse e preocupação permitindo aos alunos compreenderem Ciências e suas tecnologias.

Estas condições são necessárias, mas não são suficientes. O papel do professor ao executar estas propostas em sala de aula é de fundamental importância, pois é ele que criará ou não condições para que realmente os alunos argumentem, discutam, e falem Ciências. E essas habilidades de ensino, imprescindíveis ao desenvolvimento das novas propostas de ensino, não são habituais para os professores formados no e para o ensino tradicional. É preciso tomada de consciência do professor de suas próprias ações em sala de aula, muita discussão com seus pares e principalmente mais pesquisas sobre esse enfoque.

Na introdução deste artigo propusemos a questão: qual o papel do professor na introdução de uma proposta didática inovadora? As propostas inovadoras estudadas foram as organizadas pelo LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – para o Ensino de Ciências nas primeiras séries do Ensino Fundamental e de Termodinâmica para o Ensino Médio.

Mostramos que as habilidades de comunicação de um professor para criar um ambiente intelectual que leve os alunos a uma enculturação científica, vai muito além das práticas discursivas tradicionais. Estas, evidentemente, são necessárias, mas não são de maneira nenhuma suficientes.

Para promover a enculturação científica em sala de aula o aluno deve entrar em contato e se familiarizar com todas as diferentes linguagens empregadas nos processos de construção de significados científicos. E para que isso ocorra é necessário que os professores não só dominem as linguagens específicas das Ciências como tenham a habilidade de sustentar uma discussão dando condições para os alunos argumentarem, além de atenção e habilidade comunicativa para transformar a linguagem cotidiana trazida pelos alunos em linguagem científica. O principal entrave do processo de enculturação científica nas escolas reside em como introduzir os alunos nas linguagens matemáticas.

As gravações que fizemos em salas de aula do Ensino Médio e as análises destes dados a partir de nosso referencial teórico indicam que isso pode ser alcançado quando o professor tem a habilidade de se especializar e cooperar nas comunicações das diferentes linguagens, principalmente na passagem do componente verbal-*tipológico* para o matemático-gráfico-operacional-*topológico*.

Ao finalizar este artigo ficam várias questões: podemos generalizar essas habilidades de ensino dos nossos professores para o ensino de outros projetos? Existem outras habilidades de ensino também importantes e teoricamente sustentáveis para a introdução dos alunos na enculturação científica?

Referências

- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Revista Eletrônica Ensaio*, vol. 3, n. 2, 2001.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). *Necessária renovação do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.
- CANDELA, A. *Ciencia en el aula: os alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós, 1999.
- CANDELA, A. *El discurso argumentativo de la ciencia en el aula*. Encontro sobre teoria e pesquisa em ensino de ciências. Belo Horizonte, 1997.
- CAPECCHI, M. C. M. *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física*. São Paulo: Faculdade de Educação; Universidade de São Paulo,

2004. (Tese de Doutorado).

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*, 2006, v. 17 n. 1 (49), p. 137-153.

CAPECCHI, M. C. V. 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*, vol. 2, n. 2, 2000.

CARMO, A. B. *A linguagem matemática em uma aula experimental de Física*. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação; Universidade de São Paulo, 2006. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, A. M. P.; VANNICCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Editora Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P.; SANTOS, E. I.; AZEVEDO, M. C. P. S.; DATE, M. P. S.; FUJII, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: USP, 1999.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D.; *Formação de professores de ciências – Tendências e inovações*. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CARVALHO, A. M. P. Introduzindo os alunos no universo das ciências. In: WERTHEIN, J.; CUNHA, C. *Educação científica e desenvolvimento: o que pensam os cientistas*. Brasília: Unesco, 232 p. 2005.

CARVALHO, A. M. P. Enseñar física y fomentar una enculturación científica. *Alambique*, Barcelona, 51, p. 66-75, 2007.

CAZELLI, S.; FRANCO, C. Alfabetismo científico: novos desafios no contexto da globalização. *Ensaio – Revista em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2001.

CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica – Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1991.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, vol. 21, n. 5, p. 556-576, 1999.

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.

DUSCHL, D. A.; ELLENDOGEN, K.; ERDURAN, S. Promoting Argumentation in middle school science classrooms: a project Sepia. Evaluation. Artigo apresentado no

Encontro Anual da *National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, 1999.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16, p. 141-166. 2007.

HURD, P. D. "Scientific Literacy: New Minds for a Changing World", *Science Education*, v. 82, n. 3, 407-416, 1998.

JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*. V. 21 (7) p. 703-710, 1999.

JIMÉNEZ Aleixandre, M. P.; REIGOSA Castro, C.; ÁLVAREZ PÉREZ, V. Argumentación en el Laboratorio de Física. Trabalho apresentado no *VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 26 a 30 de outubro, Florianópolis, 1998.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula, *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Bauru, Abrapec, 2005.

KRESS, G., JEWITT, C., OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. *Multimodal teaching and learning: the rethorics of the science classroom*. Londres e Nova York: Continuum, 2001.

LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Espanha, Editora Paidós, 1997. (Originalmente publicado sob o título: Talking science: language, learning and values, em 1990).

LEMKE, J. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (Eds.). *Reading Science*. Londres, Routledge, 1998.

LEMKE, J. Typological and Topological Meaning in Diagnostic Discourse. *Discourse Processes*, v. 27, n. 2, 173-185. 1999.

LEMKE, J. Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10 (3): 247-271, 2000.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1. 2001.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, v. 21, n. 3, p. 371-386, 2003.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. *Measuring students knowledge and skills: the PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris. OECD, 2000.

OLIVEIRA, F. F. *O ensino de física moderna com enfoque CTS: uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando tópicos de Raios X*. Rio de Janeiro: Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. (Dissertação de mestrado).

PENHA, S. P. *A física e a sociedade na TV*. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2006. (Dissertação de mestrado).

ROTH, W-M. “Authentic science”: Enculturation into the conceptual blind spots of a discipline. Artigo apresentado no Encontro Anual da *American Educational Research Association*, Montréal: Québec, 1999.

ROTH, W-M. “Competent workplace mathematics: how signs become transparent”, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, v. 8, n. 3, 161-189, 2003.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica desde as primeiras séries do ensino fundamental – em busca de indicadores para a viabilidade da proposta, *Atas Eletrônica do XVII SNEF*. Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luiz, p.1-10, 2007.

SILVA, D. Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura. São Paulo: Faculdade de Educação da USP. 1995. (Tese de Doutorado).

SUTTON, C. New perspectives on language in science. In: *International handbook of science education*. Kluwer Academic Publishes. Editores: Fraser, B.; Tobin, K. G. 1998.

TOULMIN, S. *The uses of argument*. Cambridge University Press, 1958.

VILLANI, C. E. P. *As práticas discursivas argumentativas de alunos do Ensino Médio no laboratório didático de Física*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. (Dissertação de Mestrado).

YORE, L. D.; BISANZ, G. L.; HAND, B. M. “Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research”. In: *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 6, 689-725, 2003.

Recebido em: 12/5/2007

Aceito em: 27/6/2007