

Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula¹

*Maria Candida Varone de Moraes Capecchi * e Anna Maria Pessoa de Carvalho ***

Resumo: Este trabalho é voltado para o estudo do papel de atividades de laboratório na promoção de situações para que os estudantes entendam o potencial de diferentes modos de comunicação para a construção de significados na cultura científica. Os dados foram coletados em aulas de física para o primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública de São Paulo. Uma atividade de Laboratório Aberto, sobre o tema *aquecimento*, foi realizada, envolvendo a apresentação de um problema, seguida pelo planejamento e implementação de um experimento. As características da atividade, aliadas às intervenções da professora, proporcionaram aos estudantes oportunidades para pensar e tomar decisões sobre aspectos significativos da cultura científica. As ações dos estudantes envolveram a identificação do problema e das variáveis envolvidas em sua solução, o estabelecimento de padrões para comparação de resultados e a observação do potencial da linguagem matemática para a construção de significados.

Palavras-chave: Modos de comunicação; enculturação em ciências; ferramentas culturais.

Abstract: This work is concerned with the role of laboratory activities in providing situations for students to understand the potential of different modes of communication for meaning construction in scientific culture. Data were collected in Physics lessons at the first year of high school (ages 15-18) in a public school in São Paulo, Brazil. An "Open Laboratory" activity about *heating* was carried out, involving the presentation of an investigative question for the students, followed by the planning and implementation of an experiment. Through the activity's characteristics and the teacher's interventions the students were given the opportunity to think and make decisions about meaningful aspects of scientific culture. The students' actions involved the identification of a problem and variables for solving it, as well as the establishment of patterns for comparison of results and the observation of the potential of mathematical language for building meanings.

Key words: Modes of communication; enculturation in science; cultural tools.

* Professora Doutora. candcapecchi@gmail.com

** Professora Titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Brasil. ampdcarv@usp.br

1. Artigo proveniente de tese de doutorado realizada com apoio financeiro da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

Introdução

Este artigo aborda ensino e aprendizagem sob uma perspectiva sociocultural, concebendo-os como aspectos inerentes a um processo de enculturação (DRIVER et. al., 1994), por meio do qual um indivíduo entra em contato com os elementos que constituem determinada cultura. Esta concepção prevê o desenvolvimento de novas visões de mundo por parte dos estudantes, considerando o entrelaçamento entre estas e conhecimentos anteriores. No caso da aprendizagem de Ciências, a aquisição de uma nova linguagem e novas práticas, sem deixar de relacioná-las com as linguagens e práticas do cotidiano.

Além de colocar em foco o papel do professor, a metáfora de aprendizagem como enculturação traz um novo olhar sobre os conteúdos e atividades trabalhadas nas aulas de Ciências, abrangendo aspectos diversos da construção dos conhecimentos científicos, desde seu caráter de produção humana até sua natureza simbólica. Os elementos simbólicos, aliás, representam um papel essencial no ensino formal de Ciências, tanto como recursos semióticos para a construção de significados em sala de aula, quanto como parte do conteúdo a ser trabalhado com os alunos.

Tradicionalmente, os cursos de Ciências são voltados para o acúmulo de informações e o desenvolvimento de habilidades estritamente operacionais, em que, muitas vezes, o formalismo matemático e outros modos simbólicos (como gráficos, diagramas e tabelas) carecem de contextualização. Esta prática dificulta a compreensão, por parte dos alunos, do papel que diferentes linguagens representam na construção dos conceitos científicos. Mesmo quando ferramentas culturais como as mencionadas acima são empregadas em aulas de laboratório, o uso de roteiros de trabalho preestabelecidos costuma mascarar a importância daquelas dentro da cultura científica. As implicações negativas deste tipo de abordagem são muitas. O excesso de formalismo e a falta de contextualização dos temas trabalhados nas aulas tornam a disciplina muito distante da realidade dos alunos e dificultam seu entendimento. A forma com que as atividades de laboratório são realizadas contribui para a construção de uma visão distorcida do trabalho científico, relacionando-o à aplicação de um método científico único, que possibilita descobrir leis absolutas sobre a natureza.

Assim, é evidente a relevância de reflexões sobre relações entre as culturas científica e escolar, sendo que esta última sofre influências de diversas áreas de conhecimento e conta com ferramentas (e modos de lidar com as mesmas) particulares. Considerando que as atividades experimentais, tradicionalmente, envolvem o contato com uma série de ferramentas da cultura científica, desde instrumentos concretos para a realização de medidas, até linguagens simbólicas, como gráficos e formalismo matemático, optamos por investigar atividades deste tipo, com o in-

tuito de responder a questão a seguir: “Como aspectos da cultura científica são disponibilizados no plano social da sala de aula através da realização de uma atividade de laboratório e das interações entre professor e alunos numa seqüência de aulas de Física?”

Ensino de Ciências e a cultura do laboratório

Considerando o foco desta pesquisa sobre aspectos da cultura científica disponibilizados em sala de aula, é necessário buscar relações entre processos e instrumentos que costumam ser empregados dentro da cultura escolar e o papel daqueles na Ciência. É evidente que o conhecimento científico não pode ser transmitido na escola tal como é produzido. O contexto escolar conta com agentes, objetos e objetivos diferentes daqueles existentes nos laboratórios científicos (ver LOPES, 1999).

Antes de chegar à sala de aula, o conhecimento científico passa por processos de transformação em função dos objetivos da escolarização. Estes processos são complexos e envolvem desde a seleção dos temas relevantes para o ensino formal até a transformação dos mesmos com o intuito de torná-los acessíveis aos estudantes. O próprio fato de a escola lidar com conhecimentos produzidos em outros contextos já implica um tratamento diferenciado dos mesmos, o que leva os estudantes a construírem um conjunto de práticas que podem ser, e freqüentemente são, inconsistentes com a cultura científica (ROTH, 1999).

Este fato evidencia a importância de um questionamento sobre o peso que estas diferenças entre cultura científica e cultura escolar podem ter na concepção de ciência dos estudantes. Como comentado anteriormente, a forma com que as ferramentas culturais da ciência costumam ser trabalhadas em sala de aula pode levar a algumas distorções sobre o seu verdadeiro papel em seu contexto original. Brown, Collins e Duguid (1989, *apud* JIMÉNEZ ALEIXANDRE et al., 1998) argumentam que muitas das dificuldades encontradas pelos estudantes estão relacionadas ao fato de ser exigido deles o uso de ferramentas, sem um entendimento das metas para as quais são empregadas nos contextos originais.

Atividades de Experimentação

Desde há muito tempo, as atividades de experimentação fazem parte das disciplinas relacionadas às Ciências Naturais. Lunetta (1998) afirma que relatos sobre o papel de atividades de laboratório em assistir estudantes na aprendizagem de Ciências datam do início do século dezenove.

Até o final dos anos cinquenta, atividades de laboratório eram empregadas, predominantemente, como forma de ilustração e confirmação de informações apresentadas pelo professor, e os estudantes tinham pouca liberdade na sua realização, limitando-se a assistir a demonstrações ou seguir roteiros rígidos para a

verificação de teorias. Já nos anos sessenta, o laboratório passou a ser um lugar de investigação, para o desenvolvimento e teste de hipóteses, ganhando destaque dentro de grandes projetos didáticos (PSSC e Nuffield, p. e.) que marcaram a história do ensino de Ciências. A partir desses projetos, voltados para promover o engajamento dos estudantes com o conhecimento científico, o papel do laboratório passou a receber maior atenção das pesquisas sobre ensino. Desta forma, este tipo de atividade começou a ser associado à obtenção de diferentes objetivos dentro do ensino formal de Ciências, dentre os quais, aumentar a motivação dos estudantes, ensinar técnicas, desenvolver uma visão aceitável da natureza da atividade científica, melhorar a aprendizagem dos conhecimentos científicos e promover “atitudes científicas” (HODSON, 1994 *apud* REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000). A possibilidade de alcance destes objetivos, porém, é questionável, em função das formas de implementação das atividades em contextos escolares (HODSON, 1994).

Uma questão importante a ser observada na implementação do laboratório didático é que a ênfase em procedimentos fechados pode levar os alunos à realização destas atividades de forma estritamente operacional, sem necessariamente construir conhecimentos sobre conceitos ou teorias relacionadas ao fenômeno em questão (REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000). Este é um aspecto essencial quando o laboratório didático é empregado como forma de promover a enculturação dos estudantes em Ciências. Como qualquer outro tipo de atividade de ensino, o simples contato dos alunos com a prática de laboratório não garante que tenham dela uma compreensão adequada. É preciso investigar de que forma as interações estabelecidas durante a realização daquela atividade possibilitam torná-la significativa para os alunos e manter sua relação com aspectos da cultura científica.

Para evitar distorções como as citadas anteriormente e tornar as práticas escolares de investigações mais próximas daquelas realizadas em laboratórios científicos, Gil Pérez e Martínez Torregrosa (1983) sugeriram converter atividades de resolução de *problemas* (habitualmente trabalhadas na forma de exercícios dentro da cultura escolar) em problemas abertos, que envolvam a análise qualitativa de uma dada situação. Esta proposta, destinada tanto a problemas de lápis e papel quanto a atividades de experimentação, tem como principal característica o maior envolvimento dos alunos em um trabalho de investigação e tem sido foco de pesquisas voltadas para a investigação da enculturação em Ciências (REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000; JIMÉNEZ ALEIXANDRE et al., 1998).

A cultura do laboratório científico

Dentre os estudos realizados na área da sociologia do conhecimento científico, consideramos como principal referência para o presente trabalho o livro de Latour

e Woolgar (1986) sobre *A vida no laboratório*. Este livro representa um marco nos estudos sobre cultura científica e tem sido empregado amplamente nas pesquisas sobre educação em Ciências (ROTH, 1999; VIANNA, 1998; REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000; VILLANI, 2002).

A partir do estudo de cientistas atuando num laboratório de pesquisa, Latour e Woolgar (1997) propuseram o emprego do termo “inscritor”, para fazer referência a todas as montagens e/ou combinações de aparelhos empregados na transformação de substâncias materiais em formas de registro que servirão como instrumentos de análise para os cientistas (histogramas, espectros, gráficos, etc). Esta noção envolve uma prática essencial da cultura científica: a discussão sobre propriedades do objeto de estudo através de esquemas ou gráficos que estabelecem uma relação direta com o fenômeno original. Os autores observaram ainda que as atividades e os processos que separam os fenômenos de sua inscrição final, na forma de uma curva, por exemplo, costumam ser ocultados no momento de discussão final dos dados obtidos. É importante notar que esta prática, que é coerente dentro da cultura científica, pode ser problemática quando levada para as aulas de Ciências. Em sala de aula, o tratamento estritamente operacional de inscrições, sem considerar suas origens e processos de construção, dificulta a compreensão de suas vantagens e limitações para a construção de significados dentro da cultura científica. Enquanto, para cientistas, um gráfico é praticamente o próprio fenômeno em discussão, para os estudantes, pode tratar-se de mais uma linguagem a ser decodificada, que, se não for detalhadamente discutida, pode tornar-se apenas um formalismo desprovido de sentido.

Roth (2002) fez um estudo para mostrar como cientistas passam a usar gráficos de tal modo que não mais os distinguem do objeto ao qual estão relacionados. O autor refere-se a este processo como o *desaparecimento* da ferramenta. À medida que os cientistas participam de processos de transformação do mundo material em dados e representações visuais, estas vão se tornando transparentes ao seu olhar. Da mesma forma com que um par de óculos auxilia 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.

É importante notar, porém, que essa transparência só se torna possível a partir de um longo processo de familiarização entre o sujeito e as ferramentas mediadoras que utiliza para transformar seu objeto de pesquisa. Isto tem implicações importantes para o trabalho com ferramentas culturais da ciência em sala de aula. Para que os estudantes possam compreender as potencialidades e limitações de uma dada ferramenta para a ciência, é essencial que tenham acesso ao seu emprego em processos de investigação.

Implementação de uma atividade de laboratório aberto em sala de aula

A pesquisa foi realizada em aulas de física do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de São Paulo. A sequência, que era parte de um programa de ensino de Física desenvolvido por um grupo de professores da rede pública engajados em um projeto para a melhoria da qualidade do ensino, contou com a realização de uma atividade de laboratório aberto, foco deste estudo, e a introdução de conceitos por meio de exposição. Após todo o processo de elaboração e execução da experimentação, que envolveu uma série de aspectos da cultura científica, a professora introduziu o conceito de *calor específico* e propôs a definição da *equação fundamental da calorimetria*.

A transformação dos dados brutos em dados da pesquisa contou com etapas de transcrição e delimitação de eventos em cada aula registrada. Somente as aulas envolvidas diretamente na realização da atividade de laboratório foram selecionadas para análise, sendo que nas transcrições foram considerados diferentes modos de construção de significados (linguagem verbal, gestos e ações motoras, modos visuais e uso de instrumentos). Os aspectos da cultura científica identificados ao longo dessas aulas são apresentados na tabela 1.

A partir dos aspectos da cultura científica identificados e das características das etapas que compõem a atividade de laboratório aberto, optamos por dividi-la em duas fases de trabalho. A primeira fase está relacionada à motivação para realização de uma investigação científica e ao seu planejamento. De um ponto de vista epistemológico, as etapas 1 e 2 da atividade possibilitaram caracterizar o conhecimento científico como resposta a um problema e, além disso, apresentaram o teste empírico como uma forma de contrastar hipóteses dentro dos processos de construção e validação daquele conhecimento. O planejamento do teste empírico envolveu discussões tanto de caráter técnico quanto conceitual. A definição de uma metodologia de trabalho para investigação das hipóteses foi baseada na identificação das variáveis envolvidas (mensuráveis ou não), em função dos recursos materiais e teóricos disponíveis.

A segunda fase corresponde à execução da experimentação e envolve a obtenção de registros, o que lembra o processo de inscrição literária descrito por Latour e Woolgar (1986). Na sala de aula, assim como no laboratório, este processo tem início durante a preparação dos materiais para coleta de dados, quando os estudantes obtêm informações sobre algumas características do fenômeno em estudo, através de medições. Estas informações, agrupadas em uma tabela, representam um primeiro registro das propriedades daquele material que estão relacionadas ao fenômeno em discussão. O conjunto de transformações que caracteriza a análise dos dados só está começando, e novas formas de representação serão empregadas. De um conjunto de números dispostos numa tabela, as informações sobre o fenômeno são transformadas em um gráfico, segunda forma de representação, e, posteriormente, numa função matemática, terceira forma de representação.

Tabela 1 – Atividade de Laboratório Aberto (aulas 4 a 8)

Etapas da Atividade		Aspectos da Cultura Científica Identificados	
Motivação e planejamento da investigação	Apresentação do problema e hipóteses iniciais	Problema Hipóteses Teste experimental	Aspectos conceituais e metodológicos (técnicos)
	Planejamento de teste experimental		
Execução da investigação	Coleta de dados	1ª transformação: materiais → tabela	Medidas
		1ª fase de análise: Tabela como inscrição	Similaridades e diferenças
	Análise dos dados Conclusões	2ª transformação: tabela → gráfico	Incertezas / Aproximações
		2ª fase de análise: Gráfico como inscrição	Regularidades
		3ª transformação: gráfico → função	Reta média

Um aspecto importante desse processo de transformação de linguagens observado na sala de aula é que, a cada nova forma de registro obtida, uma fase de discussão e análise do fenômeno em questão foi realizada. Esta medida possibilitou que diferentes modos de comunicação fossem tomados como inscrições literárias do fenômeno sob investigação. Num primeiro momento, a tabela foi considerada como inscrição, o que possibilitou a obtenção de uma série de informações sobre o fenômeno e algumas respostas para as primeiras hipóteses dos alunos. Após uma análise exaustiva da tabela, esta foi transformada em outro modo de comunicação, o gráfico, que serviu como inscrição para uma nova etapa de análise. Ao longo deste processo, os alunos tiveram que aprender as propriedades de cada modo de comunicação, como e por que empregá-las. Além disso, este trabalho envolveu a discussão de outros aspectos da cultura científica, tanto metodológicos (emprego e limitações dos instrumentos de medida, desvios experimentais, realização de aproximações, etc.), quanto epistemológicos, que justificavam e regulavam o uso que era feito dos anteriores. Apresentamos a seguir alguns episódios extraídos dos dados analisados.

Fase I – Apresentação do problema

(1b) P: (...) o que acontece com a temperatura da água enquanto a gente AQUECE essa água?

(2) A15: aumenta

(3) P: aumenta ... COMO que ela aumenta?

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

Acompanhando a proposta inicial de construção coletiva de significados, os questionamentos de P são seguidos por respostas dos alunos, que por sua vez recebem retornos, muitas vezes na forma de paráfrases. Este movimento caracteriza a abordagem comunicativa como interativa. As questões e paráfrases empregadas por P apresentam, portanto, uma função de valorização das idéias dos alunos. Porém, as idéias apresentadas são direcionadas em função da intenção da professora de levá-los a reconhecerem o problema proposto como tal. Assim, o emprego de questões diretivas e o fornecimento de pistas caracterizam a abordagem como predominantemente de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2002).

(31) A4: ela ((água quando vira vapor)) só se mistura com o ar?

(32) P: Quando ela vira vapor ela se mistura com o ar ... tá ... mas eu estou pensando no vapor ... se a gente [indica turma toda] coloca a água pra aquecer ... vocês estão dizendo que a temperatura aumenta ... nós temos um primeiro problema aí ... será que ela aumenta ... sempre por igual? Você acha que não [indica A14] ... você acha que no começo ela aumenta ...

O turno 32 marca a primeira revisão do progresso da narrativa e reúne mais formas de intervenção empregadas pela professora até então: paráfrase e questionamento. Dentro da tendência interativa e de autoridade, após parafrasear A4, P redireciona a discussão para o tema temperatura – “mas eu estou pensando no vapor ... se a gente coloca a água pra aquecer [...]”. Em seguida, faz uma breve revisão da discussão, especificando ainda o foco da discussão: taxa de variação da temperatura.

Fase I – Levantamento de hipóteses

Desde o início da narrativa a professora já vinha apresentando a intenção de trabalhar com as idéias dos alunos, incentivando-os a participar. A partir do estabelecimento do problema sob investigação, estes começam a compreender a proposta, apresentando diferentes hipóteses sobre o fenômeno em estudo.

(155) P: é eu quero ouvir o papo aí que está particular e quero socializar a idéia.

(156) A4: não ... eu tô falando aqui que eu acho que se ficar a água fervendo ... fervendo ... se colocar o termômetro lá ... vai se manter ... eles acham que não...

(157) A21: mas eu acho que ela tem que ferver até evaporar ... então ... ela aumenta...

(158) A14: é por isso que vai aumentar ... professora...

(159) A21: pra evaporar...

(160) A4: eu acho que não...

(161) P: eu acho ... quem mais acha? – tem dois achados aqui – certo?

(162) A14: eu acharei ...

(163) P: a temperatura aumenta sempre ((71')) ... ou a temperatura aumenta até a ebulição e depois pára de aumentar ... se mantém [escreve no quadro]...né

O posicionamento dos estudantes em relação à mudança de estado da água envolve a construção de argumentos com e sem justificativa entre os turnos 156 e 160. A postura de P vai ao encontro dos objetivos da atividade de laboratório aberto, enfatizando a existência de idéias divergentes, sem, porém, incentivar a construção de argumentos mais complexos. Neste momento da atividade, marcar o dissenso e motivar o teste empírico parece ser mais importante do que aprofundar a argumentação e chegar a uma explicação que responda às dúvidas dos alunos.

O caráter hipotético das idéias apresentadas pelos estudantes é reforçado por P várias vezes (T186, T191 e T193). Além disso, esta declara sua concepção do “fazer Ciência” – “nós estamos agindo agora como se age em ciência ... eu joguei o problema ... eu propus uma idéia aqui ... vocês levantaram um monte de hipóteses ... tem coisas que a gente está de acordo ... tem coisas que a gente tem dúvidas”. Neste ponto, o problema, as hipóteses e a realização de teste empírico como forma de contrastá-las com a realidade são apresentados como importantes ferramentas na construção de uma explicação científica.

Fase 2 – Coleta de dados

Para descrever as ações simultâneas dos alunos ao longo da coleta de dados, optamos por uma transcrição dividida em cenas. Os dados apresentados a seguir foram coletados num grupo de quatro estudantes, que realizava a seguinte condição de experimentação: 100 ml de água; recipiente de vidro, sem tampa, e 2 lamparinas.

No início do experimento, observamos que a montagem dos materiais envolveu a tomada de decisões — como o posicionamento das lamparinas sob o tripé

— e que os alunos estavam engajados na realização da atividade, compartilhando responsabilidades sem perder de vista o controle geral das ações dos colegas. As ações dos alunos representaram atitudes de cooperação e envolvimento, observadas ao longo de toda fase de coleta de dados. Nos quadros a seguir são destacados somente dados da linguagem verbal.

Fase 2 – Fazendo projeções		
C25	<i>Gu: vai ... agora</i> <i>Tom: cinquenta e oito</i>	Nesta seqüência, os alunos continuam realizando as medições e um importante aspecto da cultura científica é observado: além de identificarem uma tendência na taxa de variação da temperatura, os estudantes começam a fazer projeções para as próximas leituras.
C26	<i>Vic: tá de vinte em vinte graus</i> <i>Tom: Você pode ver o próximo vai ser...</i> <i>Vic: setenta e oito</i> <i>Tom: o próximo vai ser? Vic: setenta e oito</i>	
Fase 2 – Controlando Medidas		
C30	<i>Gu: vai ... vê aí</i> <i>Tom: setenta e um e meio</i>	Após a leitura de Tom, seus colegas surpreendem-se ao verificar que, diferentemente das previsões anunciadas, o resultado observado é inferior ao valor mencionado na cena anterior. A reação imediata do grupo é fazer a verificação da leitura, o que evidencia o engajamento de todos na obtenção e controle de dados.
C31	<i>Vic: setenta e um?</i> <i>Tom: claro</i> <i>Bel: setenta e um?</i> <i>Gu: tá louco!</i>	
C32	<i>Tom: setenta e sete</i>	
Fase 2 – Confrontando dados com teoria		
C34	<i>Tom: tá evaporando</i>	Nesta passagem os alunos começam a trazer seus conhecimentos anteriores para interpretar o fenômeno. Ao constatar que a água está começando a evaporar, Tom procura dividir suas idéias com colegas de outro grupo. Bel faz uma hipótese sobre a temperatura de ebulição e o clima de envolvimento é ainda maior, todos ficam atentos ao conjunto experimental.
C35	<i>Tom: tá evaporando [fala p/ alunas de outro grupo]</i> <i>Gu: tá indo gradualmente?</i> <i>Vic: daqui pra cá [indica tabela]... tá indo de vinte em vinte</i>	
C36	<i>Gu: sempre de vinte em vinte?</i> <i>Vic: não ... nos três primeiros</i> <i>Bel: vamos ver se ele vai até cem graus</i>	
C37	<i>Gu: já vai chegar em cem</i>	
C38	<i>Gu: agora</i> <i>Tom: noventa e sete ... ainda</i> <i>Bel: noventa e sete</i> <i>Vic: noventa e sete</i>	

Fase 2 – Identificando dado inesperado		
C38	<i>Bel: espera ... tá diminuindo ... olha</i> <i>Vic: mesmo? Bel: foi para noventa e sete</i>	A percepção de um novo fato — a queda gradativa da temperatura da água — desperta o interesse da equipe, que busca coletivamente identificar a causa de tal fenômeno. A professora se aproxima e direciona os olhares dos estudantes para o bôquer com água, promovendo a compreensão da causa do problema: o termômetro está fora. Finalmente solicita o término da atividade. Neste momento, a professora, como membro representante da cultura científica, direciona o olhar dos alunos para aspectos relevantes para a explicação do fenômeno sob investigação.
C54	<i>Vic: que isso? Bel: que isso ... ô professor</i>	
C55	<i>P: está diminuindo? Olha o que está acontecendo ... está metade fora da água</i>	
C56	<i>Gu: vai ... vê a temperatura</i> <i>Vic: noventa e sete? Bel: é</i> <i>P: vai ter que parar porque não tem mais água</i> <i>Tom: a água tá diminuindo ... a gente tá anotando aqui</i>	
C57	<i>P: é ... e o termômetro está fora da água ... vocês já fizeram bastante ... podem parar</i>	

Fase 2 – Análise da primeira inscrição

Desde o início da atividade, a professora vinha incentivando a participação dos alunos para a construção de uma explicação coletiva para o fenômeno. Ao longo dessa trajetória, além de procurar trabalhar com as idéias dos estudantes, P, como representante da cultura científica, também introduzia informações e procurava estabelecer um novo olhar sobre o fenômeno em discussão. Na presente etapa, a construção de um olhar científico para os dados tem início com a proposta de procurar semelhanças e diferenças entre os números obtidos pelos grupos de trabalho:

(1) P: ((67'17")) primeira coisa ... vamos olhar os valores ... ver o que que a gente pode achar de SEMELHANÇAS e de diferenças ((muita conversa na sala)) shhh ... que que tem de IGUAL ... primeiro ... que que tem () ...

(2) A: temperatura ...

(3) A2: praticamente só ()

(4) P: a temperatu/ — vamos parar a conversa ... agora é sério ((pausa – 8")) – primeira coisa ... tem igual a temperatura? ((68")) Inicial ... todo mundo começou mais ou menos com a mesma temperatura ... por quê? ((pausa 4"))

(5) A: () a água ...

(6) Alunos: ((inaudível))

(7) P: usamos a água da torneira ... ((comentários de alunos – 7")) ... então... primeiro... todo mundo começou com a temperatura mais ou menos igual ... SEGUNDA coisa que dá pra gente tirar aí ... que que dá pra perceber mais?

A abordagem comunicativa nesta seqüência é interativa, com uma tendência *de autoridade*. Até o turno 11, as respostas dos estudantes à questão apresentada por P indicam que ambos – professora e alunos – observam, de um mesmo ponto de vista, *semelhanças* nos dados escritos na lousa. No caso das temperaturas iniciais de cada grupo, não há muito que discutir, pois os valores medidos foram idênticos, tornando o reconhecimento desta *semelhança* óbvio. No turno 8, A14 apresenta uma nova idéia de forma confusa e P procura entender seu ponto de vista (turno 9). Neste momento também parece haver um consenso, já que as pequenas diferenças entre os números apresentados na tabela são desprezadas tanto por A14, quanto pela professora, que representa a cultura científica. É importante notar que, mesmo dentro da tendência discursiva de autoridade, P dá espaço para esclarecimentos das idéias dos alunos, complementando-as e transformando-as na direção do discurso científico, incentivando a interação (turno 11).

Fase 2 – Confrontando dados com hipóteses

(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... ((48'))

(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... ((49'))
[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”]

A postura, adotada por P, de valorização da participação dos alunos, porém com direcionamento, mantém-se quando idéias divergentes começam a aparecer. No turno 13, a professora aceita a contribuição de A2 e verifica os dados da tabela, valorizando sua participação. Do ponto de vista de A2, as diferenças encontradas nos valores de temperatura obtidos são importantes, enquanto para a professora, que representa o discurso científico, elas podem ser desprezadas. Seguindo uma tendência de autoridade, P 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”.

Dois modos de construção de significados são empregados no início da discussão e ambos são complementares. A linguagem verbal oral é o meio para o desenvolvimento da discussão, porém as informações sobre os dados estão contidas na tabela. A cultura científica está presente na transformação de um conjunto de dados numéricos em observações qualitativas de semelhanças e diferenças. É importante notar que esta primeira interpretação dos dados, que privilegia aspectos tipológicos dos mesmos, diferenças e semelhanças, vai ao encontro da especialização do modo de comunicação empregado na primeira inscrição do fenômeno, a tabela. Lemke (1998) destaca que as tabelas, modos híbridos, têm sua origem mais direta em textos verbais escritos, ou seja, na linguagem verbal, que por sua vez é mais adequada para expressar diferenças e relações do que interações e variações contínuas. A vantagem do uso da tabela como inscrição, neste momento da interpretação do fenômeno, está em seu potencial para o fornecimento de informações tipológicas através de uma organização visual, que possibilita uma comparação simultânea entre dados de diferentes experimentos.

No turno 13, o modo verbal escrito é empregado pela primeira vez. Embora não tenha participado da construção de uma resposta para a questão em discussão (turno 1), este modo ajuda a trazer para o plano social da sala de aula mais um aspecto da cultura científica, o emprego de conceitos e unidades de medida nas explicações. 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 no modo escrito. Portanto, o emprego da linguagem escrita, além de organizar as informações construídas até o momento, numa função textual, possibilita à professora realçar as informações mais importantes e introduzir termos mais apropriados ao discurso científico.

(14a) P: COMO a gente viu que estabilizou próximo do noventa e sete [indica observações escritas no quadro] ... naquel/... naquela hipótese que tinha... a temperatura ia continuar subindo...ou ela iria ESTABILIZAR ... já temos uma comparação... p/ que ó... mesmo mudando o recipiente... mesmo tampando... sem TAMPAR... não houve... alteração... só vai faltar uma comparação... que o Bruno vai fazer... na praia... e depois ele traz... pra gente ver se dá também se dá noventa e sete graus... né...

No turno 14 a professora inicia a construção de um novo texto, que relaciona dados coletados e hipóteses iniciais. Além de organizar as idéias apresentadas até então, a breve revisão das hipóteses realizada por P apresenta também uma função interpessoal de valorizar a construção coletiva. Embora a abordagem comunicativa neste pequeno extrato seja não-interativa, a presença das vozes dos estudantes nas idéias revisadas caracteriza uma tendência dialógica.

Fase 2 – Propondo uma nova inscrição

(163) P: pessoal ... pra gente fazer ... pra gente poder:.... shhh:.... observar e poder fazer uma:: relação de QUAN-TI-DA-DE — não só como a gente fez aqui [tabela]— aqui a gente só falou qualitativamente... aumenta ... diminui ... aumenta mais ... aumenta menos ... agora ... a gente em física trabalha ... trabalha muito na qualidade também pra ver se afasta ... dilata ... () sem ... sem medir ... né... essa eu vou querer medir um pouco mais... ((88')) então vou querer esta-be-le-cer uma relação de quan-ti-da-de ... SERÁ que cada vez que eu DOBRO a quantidade de lamparinas... a temperatura aumenta duas vezes mais rápido? ou ... uma vez mais rápido? ou ... será que quando eu DOBRO a quantidade de ÁGUA ... a temperatura DEMORA metade pra aumentar ... ela vai aumentando de menos em menos na metade... na mesma proporção? será que É a mesma proporção? será que NÃO é? Pra gente poder ver essa parte de quan-ti-da-de – QUANTO aumenta — a gente não vai poder comparar só numérico ... fazendo AQUI [tabela] o quanto aumentou em cada minuto. .. pra cada um ... pra ver o que acontece ... pra gente ver isso ... a gente vai usar um OUTRO recurso científico ... que é o GRÁFICO ... ((89')) o que a gente está vendo aqui — olhando pra UM MONTE de números — no GRÁFICO a gente vai ver muito claramente... porque você vai dar uma ... uma:: impressão VISUAL ... você vai bater o olho no gráfico e vai dizer se está aumentando rápido ... se está aumentando devagar ... se está aumentando no mesmo ritmo ... ou não...

(164) A14: (esse gráfico a gente pode fazer) ... pode fazer?

(165) P: PODE fazer ... VAMOS fazer

A disposição dos dados numa tabela possibilitou obter informações de caráter qualitativo, representando semelhanças e diferenças entre as variadas condições de experimentação. Quando a professora propõe a investigação de regularidades, porém, este instrumento começa a apresentar limitações, marcando um momento de transição em que uma nova inscrição deve ser empregada. A necessidade dessa nova inscrição e seu papel dentro da cultura científica é apresentada claramente pela professora no turno 163.

As aulas seguintes compreenderam a obtenção e interpretação da segunda e terceira inscrições do fenômeno (gráfico e função matemática). Considerando que os dados analisados até aqui são representativos para o problema desta pesquisa, optamos por deixar a análise das aulas seguintes para trabalhos posteriores.

Considerações finais

A atividade contou com a apresentação de um problema inicial, que a princípio não foi reconhecido como tal por parte dos alunos. Foi necessário um período de sensibilização destes para a necessidade de planejamento da investigação. Isto evidencia as diferentes expectativas de estudantes e professora e o papel desta última como representante da cultura científica, que auxilia os primeiros a construírem um novo olhar sobre um fenômeno familiar aos mesmos. Para tanto, foi empregado um discurso de autoridade por parte de P que, após a compreensão do problema por parte dos alunos, proporcionou o trabalho com diversos aspectos da cultura científica, como a identificação de variáveis relevantes para o teste experimental, aspectos técnicos envolvidos na realização de medidas, estabelecimento de condições padronizadas para comparação de resultados e trabalho cooperativo.

A análise da tabela também envolveu importantes aspectos da cultura científica, entre eles a busca de diferenças e semelhanças entre dados obtidos em variadas condições de contorno e a comparação de resultados com hipóteses iniciais. Para que esses aspectos fossem abordados, foi necessária a construção de um olhar diferenciado sobre o conjunto de números obtidos na coleta de dados e, neste ponto, o papel da professora foi essencial. Esta guiou os estudantes na interpretação das informações oferecidas pela tabela, explorando-a como uma primeira inscrição do fenômeno, até chegar a suas limitações e, somente a partir daí, propor o emprego de uma nova forma de apresentação dos dados.

Considerando todas as fases de trabalho da atividade de laboratório realizada, a sequência de ensino proporcionou aos alunos o contato com o *processo de inscrição literária* proveniente da cultura científica, porém de forma diferente daquela empregada no contexto de origem. Enquanto no laboratório científico a análise de dados dar-se-ia a partir do gráfico como a inscrição do fenômeno e, naquele momento, todo o trabalho envolvido na sua obtenção seria reduzido a um pacote fechado de esforços relegado ao esquecimento, em sala de aula o conjunto de transformações ocorridas durante o processo de obtenção daquela inscrição foi evidenciado. Isto foi possível devido a uma subdivisão desse *processo de inscrição literária* em estágios de análise, tendo cada um deles recebido uma diferente forma de registro como inscrição. Na primeira etapa, a inscrição do fenômeno foi a tabela, que possibilitou uma série de conclusões acerca dele. Quando a análise daquele instrumento esgotou seu potencial para construção de significados, foi proposta uma transformação dos registros por meio do uso de outro modo de comunicação e, a partir de seu produto, um novo olhar sobre o fenômeno pôde ser construído, considerando o gráfico como inscrição. O mesmo aconteceu na etapa seguinte, em que, a partir do gráfico, uma nova inscrição foi obtida por meio de uma função matemática. Embora o trabalho com essas últimas inscrições

não tenha sido considerado para análise neste artigo, constatamos que as discussões envolvidas no emprego da tabela como primeira inscrição proporcionaram aos estudantes não apenas um contato mais próximo com as características do fenômeno estudado, como também motivações para o emprego de diferentes modos de comunicação e seu papel dentro da cultura científica.

Desta forma, a atividade de laboratório mostrou-se bastante significativa para o trabalho com aspectos da cultura científica. Os episódios analisados revelaram que, ainda que a atividade de laboratório em si proporcione o contato com aspectos técnicos da cultura científica, o olhar dos estudantes sobre o fenômeno foi sendo construído por meio das interações estabelecidas no plano social da sala de aula, compreendendo tanto as discussões com a professora e os pares, quanto o contato direto com o fenômeno e as ações realizadas sobre o mesmo. Na construção desse olhar, foi essencial o papel da professora, visto que esta, além de proporcionar o envolvimento dos estudantes, procurou sempre esclarecer os objetivos de cada etapa do trabalho, fornecendo suporte para sua obtenção. Podemos concluir que é no contexto sociocultural da sala de aula que o potencial de uma atividade de ensino pode transformar-se em realização, e a maneira como o professor faz a mediação entre os estudantes e a cultura na qual estão sendo inseridos é elemento decisivo para que isto ocorra.

Referências bibliográficas

- CAPECCHI, M. C. V. M. *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física*. 2004. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, SP.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. *Constructing scientific knowledge in the classroom*. Paper for submission to Educational Researcher, 1994.
- GIL PÉREZ, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4): p.447-455, 1983
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J.; DUSCHL, R. A. Scientific culture and school culture: epistemic and procedural components. Trabalho apresentado no Encontro Anual da NARST, San Diego, 1998.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção de fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LEMKE, J. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (eds.). *Reading Science*. Londres: Routledge, 1998.
- LOPES, A. R. C. *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- LUNETTA, V. N. The school science laboratory: historical perspectives and contexts for

contemporary teaching. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (eds.). *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1998.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions. *Annual Meeting AERA*, New Orleans, 2002.

REIGOSA CASTRO, C. E.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), p.275-284, 2000.

ROTH, W-M. "Authentic science": enculturation into the conceptual blind spots of a discipline. Artigo apresentado no Encontro Anual da *AERA*, Montreal, 1999.

ROTH, W-M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent. Artigo preparado para o Symposium *Semiotic and Activity Theoretic Perspectives on Practice in Workplace and School Mathematics: Synergies and Dissonances?* *Annual Meeting AERA*, New Orleans, 2002.

VIANNA, D. M. *Do fazer ao Ensinar Ciências*. 1998. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

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

Recebido em 13 de outubro de 2005 e aprovado em 03 de novembro de 2005.