

ATIVIDADE DISCURSIVA NAS SALAS DE AULA DE CIÊNCIAS: UMA FERRAMENTA SOCIOCULTURAL PARA ANALISAR E PLANEJAR O ENSINO¹
(Discourse activity in the science classroom: a socio-cultural analytical and planning tool for teaching)

Eduardo F Mortimer [mortimer@dedalus.lcc.ufmg.br]

Faculdade de Educação

Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antonio Carlos, 6627

31270-901 Belo Horizonte - MG, Brasil

Phil Scott [P.H.Scott@education.leeds.ac.uk]

Centre for Studies in Science and Mathematics Education,

School of Education, University of Leeds, Leeds, UK

LS2 9JT

Resumo

Neste trabalho introduz-se uma ferramenta analítica, ou sistema de referência, para analisar maneiras através das quais professores interagem com alunos para promover a construção do significado no plano social das aulas de ciências na escola secundária. O desenvolvimento desse referencial está baseado em teoria sócio-cultural e cada um de seus cinco aspectos é delineado antes de ser aplicado a uma breve seqüência de ensino e aprendizagem de ciências. Alguns pontos fundamentais para o ensino de ciências emergem dessa análise, particularmente em relação ao que foi identificado como o aspecto central da "abordagem comunicativa". Finalmente, discute-se o potencial do referencial como ferramenta de análise e planejamento no contexto do desenvolvimento profissional docente.

Palavras-chave: atividade discursiva; aula de ciências; abordagem comunicativa.

Abstract

In this paper an analytical tool, or framework, for characterising the ways in which teachers interact with students to promote meaning making, on the social plane of high school science classes, is introduced. The development of the framework is based on sociocultural theory and each of the five aspects of the framework is outlined before being applied to the analysis of a short science teaching and learning sequence. Some fundamental points for science teaching arise out of this analysis, particularly in relation to what is identified as being the central aspect of 'communicative approach'. Finally the potential of the framework as both an analytical and a planning tool is discussed in the context of teacher professional development.

Key-words: discourse activity; science classes; communicative approach.

1.0 Introdução

No últimos anos, a influência da psicologia sócio-histórica ou sócio-cultural na pesquisa em Educação em Ciências tem resultado no desenvolvimento gradual do interesse sobre o processo de significação em salas de aula de ciências, gerando um programa de pesquisa que procura responder como os significados são criados e desenvolvidos por meio do uso da linguagem e outros modos de comunicação. Paralelamente e de alguma forma relacionado a esse novo foco da investigação, a assim chamada 'virada discursiva' em psicologia (veja, por exemplo, Kuhn 1992, Billig 1996) tem resultado na investigação, a partir de diferentes pontos de vista, do discurso e de outros mecanismos

¹ Artigo convidado. Conferência proferida no I Encontro Ibero-Americano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências. Universidade de Burgos, Espanha, 18 a 21 de setembro de 2002.

retóricos utilizados para construir significados na educação em ciências (veja, por exemplo, Lemke, 1990; Sutton, 1992; Halliday and Martin, 1993; Scott, 1998; Ogborn et al, 1996, Roychoudhury and Roth, 1996; Van Zee and Minstrell, 1997; Mortimer, 1998; Kress et al, 2002).

Essa ‘nova direção’ para a pesquisa em educação em ciências (Duit and Treagust, 1998) sinaliza um deslocamento dos estudos sobre o entendimento individual dos estudantes sobre fenômenos específicos para a pesquisa sobre a forma como os significados e entendimentos são desenvolvidos no contexto social da sala de aula. Muitas dessas pesquisas têm adotado, como perspectiva teórica, aquela relacionada à corrente socio-histórica ou sociocultural. Nessa tradição, o processo de conceitualização é equacionado com a construção de significados (Vygotsky, 1987), o que significa que o foco é no processo de significação. Os significados são vistos como polissêmicos e polifônicos, criados na interação social e então internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados.

Apesar dessa nova ênfase no discurso e na interação, consideramos que relativamente pouco é conhecido sobre como os professores dão suporte ao processo pelo qual os estudantes constroem significados em salas de aula de ciências, sobre como essas interações são produzidas e sobre como os diferentes tipos de discurso podem auxiliar a aprendizagem dos estudantes. Dificilmente alguém discordaria da importância central do discurso de professores e alunos na sala de aula de ciências para a elaboração de novos significados pelos estudantes. No entanto, relativamente pouca atenção tem sido dada a esse aspecto, tanto entre professores, formadores de professores e investigadores da área.

O que nos impressiona são as diferentes formas pelas quais os professores interagem com seus estudantes ao falar sobre os conteúdos científicos: em algumas salas, as palavras estão por toda a parte. Os professores fazem perguntas que levam os estudantes a pensar e os estudantes são capazes de articular suas idéias em palavras, apresentando pontos de vista diferentes. Em algumas ocasiões o professor lidera as discussões com toda a classe. Em outras, os estudantes trabalham em pequenos grupos e o professor desloca-se continuamente entre os grupos, ajudando os estudantes a progredirem nas tarefas. Em outras salas de aula, o professor faz uma série de questões e as respostas dos estudantes, na maioria das vezes, limitam-se a palavras aqui e acolá, preenchendo as lacunas no discurso do professor. Muitas vezes o professor é extremamente hábil nesse estilo de exposição, mas há muito pouco espaço para os estudantes fazerem e falarem algo, e muitos nunca abrem a boca.

Neste artigo nós apresentamos uma ferramenta para analisar a forma como os professores podem agir para guiar as interações que resultam na construção de significados em salas de aula de ciências. Essa ferramenta é o produto de uma tentativa de desenvolver uma linguagem para descrever o gênero de discurso (Bakhtin, 1986) das salas de aula de ciências. Para Bakhtin, “cada esfera na qual a linguagem é usada desenvolve seus *tipos relativamente estáveis* de enunciados. A isso nós podemos chamar de *gêneros de discurso*” (Bakhtin, 1953/1986, p. 60). Os padrões de discurso que prevalecem nas salas de aula de ciências são muito distintos e, como tal, constituem um gênero de discurso estável, que será o foco de nossa análise.

Na primeira parte do artigo, introduziremos os vários aspectos que constituem a ferramenta analítica. Na segunda parte usaremos essa ferramenta para analisar uma seqüência de três aulas. Finalmente, os resultados dessa análise serão discutidos de modo a considerar o uso mais amplo da ferramenta tanto como instrumento de análise como para o planejamento de aulas.

Nosso trabalho tem sido influenciado por pesquisadores que têm estudado as interações nas aulas de ciências e nas formas como novos significados são desenvolvidos por meio dos modos de expressão verbal e não-verbal. Por exemplo, Edwards and Mercer (1987), no livro *'Common Knowledge'*, examinam as relações entre o conteúdo das aulas e as atividades práticas e discursos que as constituem. Em *'Talking Science: Language, Learning and Values'*, Jay Lemke (1990) propõe que aprender ciências envolve aprender a “falar ciências.” Ogborn, Kress, Martins and McGillicuddy (1996), em *'Explaining Science in the Classroom'*, estudam as formas pelas quais professores do ensino secundário constroem e apresentam *explicações* em sala de aula. Mais recentemente, Kress, Jewitt, Ogborn and Tsatsarelis (2001), em *'Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom'* exploram uma variedade de diferentes modos de comunicação na tentativa de demonstrar que ensinar e aprender ciências em salas de aula vai além dos aspectos verbais.

Há, ainda, várias iniciativas em diferentes países com o objetivo de *expandir* os vários tipos de discurso usados nas aulas de ciências. Assim, na Inglaterra, o documento *'Beyond 2000'* (Millar et al, 1999), que propõe uma agenda para a educação em ciências no novo milênio, enfatiza a importância dos estudantes debaterem sobre questões sócio-científicas. Nos Estados Unidos, há um grande movimento em direção a *'inquiry-based science lessons'*, nas quais os estudantes trabalham colaborativamente em atividades de investigação aberta (por exemplo, nos vários trabalhos de Roth, Kelly, etc). Nos dois lados do Oceano Atlântico, têm sido realizados esforços para entender a retórica científica com o objetivo de engajar os estudantes em formas de argumentação características da ciências (por exemplo, Driver, Newton and Osborne, 1998; Duschl, 2001, etc.). É importante reconhecer o valor desses trabalhos e sua especificidade em relação aos contextos históricos e culturais. Mas eles apontam para novas áreas de estudo, antes de contemplar os desafios das práticas discursivas mais convencionais. O quanto é útil para um professor e seus estudantes serem expostos ao gênero da argumentação científica se suas aulas normais têm por base um rotina de exposições do professor? Em nossa visão, a prioridade é tornar visíveis as práticas discursivas existentes e, só então, apontar para como elas podem ser expandidas.

2.0 Uma ferramenta para analisar as interações e a produção de significados em salas de aula de ciências

A estrutura analítica que iremos apresentar é baseada em cinco aspectos interrelacionados, que focalizam o papel do professor e são agrupadas em termos de focos do ensino, abordagem e ações:

Aspectos da Análise	
i. Focos do ensino	1. <i>Intenções do professor</i> 2. <i>Conteúdo</i>
ii. Abordagem	3. <i>Abordagem comunicativa</i>
iii. Ações	4. <i>Padrões de interação</i> 5. <i>Intervenções do professor</i>

Quadro 1: A estrutura analítica: uma ferramenta para analisar as interações e a produção de significados em salas de aula de ciências

Cada aspecto da análise é introduzido brevemente nas seções seguintes. Para uma visão mais detalhada, consultar Mortimer e Scott (*in press*).

2.1 Intenções do professor

Seguindo os princípios da teoria de Vygotsky, nós consideramos que o ensino de ciências produz um tipo de ‘performance pública’ no plano social da sala de aula. Essa performance é dirigida pelo professor que planejou o seu ‘roteiro’ e tem a iniciativa em ‘apresentar’ as várias atividades que constituem as aulas de ciências (Leach and Scott, 2002). O trabalho de desenvolver a ‘estória científica’ no plano social da sala de aula é central nessa performance. Há, no entanto, outras intenções que precisam ser contempladas durante uma seqüência de ensino. Essas intenções, que são derivadas de outros aspectos da teoria sociocultural e da nossa própria experiência como pesquisadores da sala de aula, podem ser assim sintetizadas:

Intenções do professor	Foco
✍ Criando um problema	Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da ‘estória científica’.
✍ Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre idéias e fenômenos específicos.
✍ Introduzindo e desenvolvendo a ‘estória científica’	Disponibilizar as idéias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
✍ Guiando os estudantes no trabalho com as idéias científicas, e dando suporte ao processo de internalização	Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas idéias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas idéias.
✍ Guiando os estudantes na aplicação das idéias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e responsabilidade por esse uso	Dar suporte aos estudantes para aplicar as idéias científicas ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade (Wood et al., 1976) pelo uso dessas idéias.
✍ Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da ‘estória científica’	Prover comentários sobre o desenrolar da ‘estória científica’, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

Quadro 2: Intenções do professor

2.2 O conteúdo do discurso de sala de aula

Nas salas de aula de ciências, as interações entre o professor e os estudantes podem ser relacionadas a uma ampla variedade de conteúdos incluindo, por exemplo, a ‘estória científica’, aspectos procedimentais, questões organizacionais e de disciplina e manejo de classe. Cada um desses aspectos é importante para o trabalho do professor, mas neste artigo vamos nos restringir aos conteúdos relacionados à ‘estória científica’ que está sendo ensinada.

Nós estruturamos a análise do conteúdo do discurso da sala de aula em termos de categorias que podem ser consideradas como características fundamentais da *linguagem social* (Bakhtin, 1986) da ciência escolar, tomando por base a distinção entre *descrição*, *explicação* e *generalização* (Mortimer and Scott, 2000):

Descrição: envolve enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes.

Explicação: envolve importar algum modelo teórico ou mecanismo para se referir a um fenômeno ou sistema específico.

Generalização: envolve elaborar descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico.

Uma distinção adicional que consideramos importante, relaciona-se ao fato de que descrições, explicações e generalizações podem ser caracterizadas como *empíricas* ou *teóricas*. Assim, descrições e explicações que se utilizam de referentes (constituintes ou propriedades de um sistema ou objeto) diretamente observáveis são caracterizadas como empíricas. Já as descrições e explicações que utilizam referentes não diretamente observáveis, mas que são criados por meio do discurso teórico das ciências, como no caso de modelos para a matéria, são caracterizadas como teóricas (Mortimer, 2000).

2.3 Abordagem comunicativa

O conceito de ‘abordagem comunicativa’ é central na estrutura analítica, fornecendo a perspectiva sobre *como* o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação. Nós identificamos quatro classes de abordagem comunicativa, que são definidas por meio da caracterização do discurso entre professor e alunos ou entre alunos em termos de duas dimensões: discurso *dialógico* ou *de autoridade*; discurso *interativo* ou *não-interativo*.

Quando um professor interage com os estudantes numa sala de aula de ciências, a natureza das intervenções pode ser caracterizada em termos de dois extremos. No primeiro deles, o professor considera o que o estudante tem a dizer do ponto de vista do próprio estudante; mais de uma ‘voz’ é considerada e há uma inter-animação de idéias. Este primeiro tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa *dialógica*. No segundo extremo, o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído. Este segundo tipo de interação constitui uma abordagem comunicativa *de autoridade*, na qual apenas uma ‘voz’ é ouvida e não há inter-animação de idéias.

Na prática, qualquer interação provavelmente contém aspectos de ambas as funções, dialógica e de autoridade. Essa distinção entre funções dialógicas e de autoridade foi discutida por Wertsch (1991) e usada por Mortimer (1998) para analisar o discurso de uma sala de aula brasileira. Ela tem por base a distinção entre discurso de autoridade e discurso internamente persuasivo, introduzida por Bakhtin (1981) e a noção de dualismo funcional de textos num sistema cultural, discutida por Lotman (1988) (apud Wertsch, 1991, p. 73-74).

Uma característica importante da distinção entre as abordagens dialógicas e de autoridade, à comunicação em sala de aula, é que uma seqüência discursiva pode ser identificada como dialógica ou de autoridade independentemente de ter sido enunciada por um único indivíduo ou interativamente. O que torna o discurso funcionalmente dialógico é o fato de que ele expressa mais de um ponto de vista - mais de uma ‘voz’ é ouvida e considerada - e não que ele seja produzido por um grupo de pessoas ou por um indivíduo solitário. Esse último aspecto está relacionado

segunda dimensão da abordagem comunicativa, que distingue entre o discurso *interativo*, aquele que ocorre com a participação de mais de uma pessoa, e o discurso *não-interativo*, que ocorre com a participação de uma única pessoa. Essas duas dimensões podem ser combinadas para gerar quatro classes de abordagem comunicativa, como mostrado no quadro 3, a seguir.

	INTERATIVO	NÃO-INTERATIVO
DIALÓGICO	<i>A? Interativo / Dialógico</i>	<i>B? Não-interativo / Dialógico</i>
DE AUTORIDADE	<i>B? Interativo / de autoridade</i>	<i>C? Não-interativo/ de autoridade</i>

Quadro 3: Quatro classes de abordagem comunicativa

Embora cada uma dessas quatro classes, como apresentadas a seguir, está relacionada ao papel do professor ao conduzir o discurso da classe, elas são igualmente aplicáveis para caracterizar as interações que ocorrem apenas entre estudantes, por exemplo em pequenos grupos:

- a. Interativo/dialógico:** professor e estudantes exploram idéias, formularam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.
- b. Não-interativo/dialógico:** professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças.
- c. Interativo/de autoridade:** professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma seqüência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.
- d. Não-interativo/ de autoridade:** professor apresenta um ponto de vista específico.

2.4 Padrões de Interação

O quarto aspecto da nossa análise especifica padrões de interação que emergem na medida em que professor e alunos alternam turnos de fala na sala de aula. O mais comum são as tríades IR-A (Iniciação do professor, Resposta do aluno, Avaliação do professor), mas outros padrões também podem ser observados. Por exemplos, em algumas interações o professor apenas sustenta a elaboração de um enunciado pelo aluno, por meio de intervenções curtas que muitas vezes repetem parte do que o aluno acabou de falar, ou fornecem um *feedback* para que o estudantes elabore um pouco essa fala. Essas interações geram cadeias de turnos não triádicas do tipo IR-P-R-P... ou I-R-F-R-F... onde P significa uma ação discursiva de permitir o prosseguimento da fala do aluno e F um *feedback* para que o aluno elabore um pouco mais sua fala.

2.5 As intervenções do professor

O quinto aspecto da análise especifica as formas de intervenções pedagógicas dos professor e baseia-se em no esquema de Scott (1998), no qual seis formas de intervenção pedagógica foram

identificados. O quadro 4, a seguir, relaciona essas seis formas, especificando o foco e as ações do professor que caracterizam cada uma.

Intervenção do professor	Foco	Ação - o professor:
1. Dando forma aos significados	Explorar as idéias dos estudantes	- introduz um termo novo; parafrasea uma resposta do estudante; mostra a diferença entre dois significados.
2. Selecionando significados	Trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica.	- considera a resposta do estudante na sua fala; ignora a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves		- repete um enunciado; pede ao estudantes que repita um enunciado; estabelece uma seqüência I-R-A com um estudante para confirmar uma idéia; usa um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. Compartilhando significados		Tornar os significados disponíveis para todos os estudantes da classe
5. Checando o entendimento dos estudantes	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo em situações específicas	- pede a um estudante que explique melhor sua idéia; solicita ao estudantes que escreva suas explicações; verifica se há consenso classe sobre determinados significados.
6. Revendo o progresso da estória científica	Recapitular e antecipar significados	- sintetiza os resultados de um experimento particular; recapitula as atividades de uma aula anterior; revê o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

Quadro 4: Intervenções do professor

3.0 Análise de uma seqüência de ensino: da diversidade de idéias cotidianas ao ponto de vista científico

Tendo introduzido brevemente os cinco aspectos da nossa análise, vamos agora aplicá-la a uma seqüência de três aulas planejadas para introduzir o assunto 'Reações Químicas' no contexto da reação de formação de ferrugem.

3.1 Caracterizando o caso estudado

Nesse estudo de caso relatamos uma seqüência de aulas de ciências que aconteceram numa escola secundária de uma cidade do norte da Inglaterra. Lynne, a professora, tem cerca de anos de experiência, sendo considerada uma ótima professora de ciências. A classe observada tem 27 estudantes de 13-14 anos de idade, de habilidade variada mas com um número significativo de estudantes considerados fracos. Nós acompanhamos três aulas de uma hora cada, que introduziam uma unidade de trabalho em 'Reações Químicas', e cujo objetivo era descrever empiricamente o fenômeno de formação de ferrugem, especificamente estabelecer que ferro, água e ar são necessários para que a ferrugem ocorra.

3.2 A estratégia de ensino

O ensino foi planejado de modo a partir das idéias e explicações dos estudantes sobre a ferrugem. Três semanas antes da primeira aula sobre o assunto, cada estudante recebeu um prego de ferro e Lynne instrui os estudantes sobre o que fazer com ele: "Eu quero que cada um de vocês leve o seu prego para casa e coloque ele num lugar em que você acha que ele vai enferrujar prá valer nestas três próximas, ficar o mais enferrujado possível." Na aula imediatamente anterior ao começo da seqüência estudada, os estudantes trouxeram seus pregos de casa e cada um afixou-o numa ficha de papel, na qual o aluno deveria indicar o local onde colocou o prego e por que o colocou ali. Um painel foi montado numa parede da sala, com os pregos dispostos numa ordem, dos menos para os mais enferrujados.

Num breve relato, a seqüência das três aulas iniciou-se com a professora revendo, com os estudantes, os diferentes lugares onde eles haviam colocado seus pregos. A seguir ela compilou uma lista com as idéias dos estudantes sobre que coisas, presentes nesses lugares, provocaram a ferrugem. O professor e os estudantes trabalharam nessa lista para identificar os fatores que estavam presentes em *todos* os casos em que a ferrugem ocorreu, com o objetivo de isolar as coisas que são *essenciais* para provocar a ferrugem. Os estudantes, a seguir, planejaram e executaram testes experimentais para confirmar essas coisas essenciais. Finalmente, os estudantes aplicaram a condição de que ferro, ar e água são essenciais para a formação da ferrugem, para avaliar se ela se forma ou não numa variedade de situações diferentes.

4.0 Descrevendo e analisando a seqüência de ensino²⁰

4.1 A 'mostra de pregos'

A 'mostra de pregos' chamava a atenção. Ela cobria toda a extensão de uma das paredes da sala ambiente de ciências. Num dos extremos, o prego menos enferrujado não apresentava nenhuma diferença aparente daquele prego lustroso que há três semanas atrás havia sido entregue ao estudante pela professora. No outro extremo da escala, os pregos estavam completamente tomados pela ferrugem.

Jill, um dos estudantes, tinha colocado seu prego no porão de sua casa "porque a maioria das coisas enferrujavam lá." Claire lembrou-se da experiência com sua bicicleta:

"Bem, eu tenho um bicicleta. Eu não tenho usado ela muito ultimamente e ela começou a enferrujar todo o guidom. Você sabe, eu pensei, bem, se eu deixar isto (o prego) lá ... e agora que eu coloquei ele lá fora, que eu deixei ela lá fora, ele começou a enferrujar."

A partir das respostas dos estudantes fica evidente que eles usaram seus conhecimentos cotidianos ou ‘espontâneos’ (Vygotsky, 1934/1987) para obter respostas à atividade de enferrujar os pregos. Eles não pensaram em termos de ‘coisas essenciais para que a ferrugem ocorra’, embora quase todos sabiam que era necessário água para que isso ocorresse. No lugar disso, eles se referiam a exemplos ‘prototípicos’ de enferrujamento: se as coisas enferrujam no porão, o mesmo ocorrerá com o prego. Assim, as idéias iniciais dos estudantes estavam firmemente enraizadas no conhecimento cotidiano, na maioria das vezes implícito. Muitos estudantes comentaram que ‘nunca haviam pensado nisso antes’; eles sabiam sobre o fenômeno de formação da ferrugem mas nunca haviam refletido conscientemente sobre ele.

Do ponto de vista da Estrutura Analítica que estamos discutindo, é evidente que a construção e apresentação da ‘mostra de pregos’ relacionava-se a algumas *intenções do professor*. O próprio ato de ‘levar um prego para casa’ propiciou a cada estudante pensar e falar sobre suas idéias em relação ao fenômeno, familiar mas até então irrefletido, de formação de ferrugem. Nesse sentido, a atividade mostrou-se bastante efetiva em *criar um problema* para cada um dos estudantes, ao mesmo tempo em que permitiu à professora *20explorar a visão dos estudantes* sobre a formação de ferrugem. O próprio ato de afixar cada prego num cartão e escrever sobre o fenômeno, em certo sentido sinalizou para os estudantes que eles deveriam ‘olhar’ os pregos de uma maneira diferente: não mais como um artefato da vida cotidiana, mas como um objeto de estudo numa aula de ciências. Foi assim que Jewitt, um dos estudantes, referiu-se à atividade em conversa conosco após a aula. A ‘mostra dos pregos’ serviu como um meio para que as idéias dos estudantes, escritas nos cartões de cada um, fossem disponibilizadas visualmente e dessa forma compartilhadas com todos os colegas. O processo de dispor os pregos numa ordem, do menos para o mais enferrujado, também constituiu-se num primeiro passo no processo de *trabalhar as informações coletadas pelos estudantes*, pois permitiu colocar em evidência a relação entre os diferentes graus de enferrujamento e as condições existentes nos locais em que cada prego havia sido colocado, o que constitui um primeiro passo no *desenvolvimento da estória científica*.

4.2 Episódio 1 (Aula 1): O que havia nesses lugares que fez os pregos enferrujarem?

No começo da primeira aula, os estudantes reuniram-se em torno da mesa da professora e ela começou por rever onde os estudantes haviam deixado seus pregos:

Professora: Vocês colocaram os pregos em lugares realmente interessantes... Dawn colocou o dela num degrau, no jardim, ... Agora, eh, Barry colocou o dele num buraco no reboco da parede de fora da casa. Clare colocou o dela perto da garagem. Jill colocou o dela no porão.

Lynne, então, perguntou aos estudantes sobre o que havia nesses lugares que fez o prego enferrujar. Ao traduzir esse episódio para o português, mantivemos em inglês algumas das palavras que os estudantes usaram para ‘umidade’ (damp, moisture, wet) pois elas expressam diferentes situações de ocorrência de umidade, sentido que seria impossível preservar se traduzíssemos todas por ‘umidade’.

Profa.: Assim - o que eu quero fazer... colocar no quadro... é escrever no quadro suas idéias sobre o que tinha nesses lugares que fez os pregos enferrujarem...

Haley: Damp

Profa: Damp. Agora, nós vamos anotar essas coisas primeiro, depois nós vamos pensar sobre elas. Certo, damp [Lynne escreve *damp* no quadro]. Sim ... Cheryl?

Cheryl: Moisture

Profa.: Moisture [escreve *moisture* no quadro]. Damp, moisture. Alguma coisa mais? Gavin?

Gavin: Eu coloquei o meu no barro, no jardim.

Profa.: O que tinha nesse barro que fez o seu prego enferrujar?

Gavin: 'Cos it were all wet and all boggy (lamacento).

Profa.: Wet - so it was wet again. Wet [escreve no quadro]. Certo - wet. Alguma outra idéia, Matthew?

Matthew: Ar.

Profa.: Ar - certo, você acha que ar poderia Certo [escreve *ar* no quadro]. Ar poderia enferrujar o prego. Fiona?

Fiona: Condensação, poderia?.

Profa.: Condensação - certo [escreve no quadro]. Dawn?

Dawn: Poderia ser, tipo o clima, se está quente ou frio?

Lynne começou por convidar os estudantes a oferecerem suas idéias sobre o que ‘fez o seu prego enferrujar’. A maioria das interações subsequentes seguem o padrão triádico I-R-A, mas no lugar de avaliar as repostas dos estudantes como certas ou erradas, Lynne simplesmente aceita essas repostas. A interação com Gavin não tem, no entanto, essa forma triádica. Aqui, Lynne fornece um *feedback* (-F-), solicitando uma elaboração adicional de forma que o estudante desenvolva seu ponto de vista, o que resulta numa cadeia de interações (I-R-F-R-E). Optamos por não reproduzir o episódio na íntegra, mas é importante ressaltar que mais da metade dos estudantes ofereceram sua idéias, que foram contempladas por Lynne e escritas no quadro de giz. É evidente que o discurso é *interativo* e está localizado mais próximo da dimensão *dialógica* do contínuo dialógico-de autoridade, o que é consistente com a intenção do professor de *explorar as idéias dos estudantes*. No entanto, é importante ressaltar que essa abordagem ‘interativa e dialógica’ não foi completamente ‘aberta’. À medida que a interação prosseguia, Lynne usa sua autoridade para promover uma seleção preliminar das idéias. Em alguns casos, as sugestões são aceitas sem comentários (damp, ar, etc.). Em outros, Lynne seleciona para da resposta do estudante (wet mas não boggy), a qual é, então, escrita no quadro. Dessa forma, Lynne controla o que fica registrado no quadro de giz.

A professora inicia o episódio considerando os *lugares* onde os estudantes haviam colocado seus pregos mas logo muda o foco da atenção para *o que havia* nesses lugares que fez com que os pregos enferrujassem, o que constitui um passo importante no desenvolvimento da estória científica. Os aspectos chaves do episódio podem ser sintetizados levando em consideração os cinco aspectos da nossa análise:

Intenções da professora	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Explorar as idéias dos estudantes sobre ferrugem; ☞ Desenvolver a estória científica: focalizando a atenção nas <i>coisas</i> necessárias para que a ferrugem ocorra.
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Mover da descrição dos <i>lugares</i> onde ocorreu a ferrugem Para a descrição das <i>coisas</i> nesse lugares que causaram a ferrugem.
Abordagem	Interativa/dialógica (mas com algumas intervenções de autoridade pela professora).
Padrões de interação	☞ I-R-E e I-R-F-R-E
Formas de intervenção	☞ Selecionar as idéias dos estudantes.

Quadro 5: O que havia nesses lugares que fez os pregos enferrujarem?

4.3 Episódio 2 (Aula 1): Nós estamos repetindo alguma coisa?

Os estudantes ainda estavam sentados ao redor da mesa da professora, e no quadro de giz estava escrita a lista das ‘coisas sugeridas’:

Chuva, Damp, Moisture, Wet, Sal, Vinagre, Ar, Condensação, Frio, Escuro

Lynne, então, convidou os estudantes a olharem essas sugestões com mais cuidado:

Profa.: Agora - o que eu gostaria que vocês fizessem antes de qualquer coisa é olhar para essas sugestões ... porque ... há alguma coisa que algumas delas têm em comum? Será que nós não nos repetimos com algumas dessas coisas que temos no quadro no momento? Kevin, em primeiro lugar, em que você acha que a gente se repetiu?

Kevin: Erm - chuva, damp...e frio.

Profa.: Chuva, damp... [sublinha as palavras no quadro: chuva, damp].

Quando Kevin sugere ‘chuva, damp e frio’, Lynne ignora ‘frio’ e *seleciona* ‘chuva e damp’; alguns estudantes repetem ‘e frio, e condensação’ e Lynne, novamente, *seleciona* apenas ‘condensação’. Depois dessas interações, as palavras **moisture, condensação, chuva, damp, wet** estão todas sublinhadas no quadro e Lynne pergunta o que elas têm em comum. Sua expectativa é que apareça o termo ‘água’:

Profa.: O que nós temos em comum, talvez, entre todas essas coisas que nós sublinhamos? O que, Kevin?

Kevin: They're all wet.

Profa.: Bem... elas são todas úmidas - o que você quer dizer com úmido, então? Há mais alguma coisa sobre úmido?

Estudantes: Não... úmido [outros murmuram]

Profa.: O que é úmido, talvez?

Estudantes: [em coro] Água!! [risos]

Profa.: Água? Água é a coisa chave? Ketan, o que você acha? Água é a coisa chave aqui que liga todas essas....

Ketan: Sim.

Teacher: Vocês disseram chuva, damp, moisture, wet, oh...condensação e o que estou perguntando é ... ‘o que vocês querem dizer com isso?’ O que talvez elas tenham em comum?

Ketan: São todas diferentes formas de água.

Teacher: Água. Sim? Alguém discorda disso? Isso parece razoável? OK, assim nós temos todas essas coisas que podemos relacionar e dizer que água é importante.

Em contraste com o episódio 1, Lynne inicia essa seqüência de interações formulando um questão (‘o que nós temos em comum, ...’) para a qual ela já sabe a resposta (‘água’). Isso resulta em interações do tipo I-R-A nas quais os estudantes devem ‘adivinhar o que o professor tem em mente’. Eles acham graça quando finalmente percebem qual a resposta esperada. Nesse momento, quando a palavra ‘água’ é sugerida, Lynne inicia uma *interação confirmatória* com Ketan, que tem a dupla função de marcar a idéia chave e torná-la disponível para toda a classe.

Nesse episódio, a professora tem claramente a intenção de trocar os termos ‘moisture, condensação, chuva, damp, wet’ pela palavra ‘água’. Para alcançar esse objetivo ela seleciona algumas respostas dos estudantes e desconsidera outras; formula perguntas instrucionais, instaurando um padrão I-R-A; e estabelece uma interação confirmatória com um dos estudantes.

Embora de natureza *interativa*, o discurso é bastante controlado pelo professor e claramente *de autoridade*.

A professora eventualmente consegue mostrar que ‘moisture, condensação, chuva, damp e wet’ são, todas, diferentes formas de água. Essas palavras, que foram inicialmente sugeridas pelos estudantes como parte das descrições de lugares particulares (um depósito úmido; condensação na janela), são ressignificadas por Lynne como ‘água’, uma ‘coisa chave’ presente em todos esses diferentes lugares. Ao introduzir o termo ‘água’, que não está ligado a nenhum lugar particular, a professora continua o processo de transformar a linguagem usada para descrever o processo de formação de ferrugem, movendo-se gradualmente do ‘aqui e agora’ da linguagem cotidiana para uma perspectiva científica mais geral.

Intenção da Professora	Desenvolver a história científica: identificando a água como uma <i>coisa chave</i> para a ocorrência de ferrugem.
Conteúdo	Mover da descrição de ‘contextos onde há água’ para a identificação da água como um fator comum a esses contextos.
Abordagem	Interativo/de autoridade
Padrões de interação	I-R-A
Formas de intervenção	Selecionar idéias dos estudantes; formular questões instrucionais; estabelecer uma interação confirmatória.

Quadro 6: Nós estamos repetindo alguma coisa?

4.4 Episódio 3 (Aula 1): O que nós fizemos até o momento...

No quadro de giz, a lista agora inclui: **água, sal, vinagre, ar, frio, escuro**. Lynne volta-se para a classe, ergue o braço para indicar que ela não quer ser interrompida, e fala:

Profa.: Certo - OK - ótimo. Pensem sobre o que fizemos até o momento. O que nós realmente fizemos é tentar colocar juntos as razões que vocês pensaram para ocorrência a ferrugem. E nós tentamos separar os fatores principais.

Nessa revisão, Lynne faz uma mudança sutil na forma de falar sobre ‘o que fizemos até o momento.’ Do ponto de vista dos estudantes, eles estavam engajados em descrever as coisas que existiam nos lugares onde os pregos enferrujaram-se. Lynne agora **não** fala mais da descrição de coisas em lugares particulares, mas de ‘razões’ e ‘fatores principais’ para a ocorrência de ferrugem. Lynne continua:

Profa.: Pode ser que mesmo dentro desta lista aqui [água, sal, vinagre, ar frio, escuro], pode ser que sejam uma ou duas dessas coisas que são realmente as coisas essenciais. As coisas que a gente realmente necessita para algo enferrujar-se.

A idéia de ‘coisas essenciais’ é, dessa maneira, introduzida no plano social da sala de aula. Uma visão científica da ferrugem envolve não apenas saber que o ferro, a água e o ar estão envolvidos na produção de ferrugem, mas também que eles são as coisas essenciais para que o fenômeno ocorra. Outras coisas (como a presença de sal) podem afetar a velocidade da reação, mas não são essenciais para o processo. Essas idéias são apresentadas por Lynne numa forma *não-interativa/de autoridade* e os estudantes permanecem em silêncio.

Intenção da professora	☒ Manter a narrativa: rever o progresso feito até o momento. ☒ Desenvolver a estória científica: introduzindo o conceito de coisas essenciais.
Conteúdo	☒ Foco na noção epistemológica de ‘coisas essenciais’.
Abordagem	☒ Não-interativa/ de autoridade
Padrões de interação	☒ Não há interação
Formas de intervenção	☒ Apresentar idéias; Rever/parafrapear etapas anteriores

Quadro 7: O que nós fizemos até o momento

4.5 Episódio 4 (Aula 1): Há alguma coluna em que vocês marcaram tudo?

No episódio 4, Lynne organizou um atividade em grupo para que os estudantes avaliassem e indicassem quais das seis ‘coisas’ listadas no quadro de giz existiam em cada um dos lugares onde os pregos foram colocados. Cada grupo recebeu uma folha de cartolina, onde os estudantes deveriam escrever, ao longo de uma linha horizontal na parte de cima das folha, cada uma das coisas listadas no quadro; e ao longo de uma linha vertical no lado esquerdo da folha, a lista de lugares onde os pregos haviam sido colocados.

água sal vinagre ar frio escuro

Depósito	
Porão	
Jardim	
Tijela com água	
.....	

Figura 1: Identificando as ‘coisas essenciais’ para a ocorrência de ferrugem

Cada um dos grupos passou a marcar, com X, cada uma das ‘coisas’ que existia em cada lugar. A idéia que orientou a atividade era que qualquer uma das coisas que existisse em todos os lugares poderia ser considerada como ‘essencial’ para a ocorrência da ferrugem. A atividade propiciou que os estudantes desenvolvessem seu entendimento sobre o significado da expressão ‘coisas essenciais’, que ficava visualmente evidente por meio da tabela construída.

Intenção da professora	Desenvolver a estória científica: identificando as <i>coisas essenciais</i>
Conteúdo	☒ Focalizar na descrição empírica das coisas essenciais
Abordagem	☒ Trabalho em pequenos grupos: preparando as tabelas Aluno-aluno: interativa/dialógica Aluno-professor: interativa/dialógica
Padrões de interação	
Formas de intervenção	Professor conversa com cada grupo: ☒ Checar o entendimento dos estudantes ☒ Revendo o progresso

Quadro 8: Há alguma coluna em que vocês marcaram tudo?

Cada grupo de estudantes relatou o resultado de seu trabalho para toda a classe e Lynne fez uma síntese desses resultados:

Professora: Então, a água está em todos os lugares onde ocorreu ferrugem e o ar também é um fator essencial. O que nós fizemos permite perceber que água e ar são, definitivamente, coisas essenciais, mas parece que para decidir em relação ao frio e ao escuro temos que fazer outros testes.

A lista no quadro de giz ficou reduzida a quatro itens: **água, ar, frio, escuro**. Apesar do fator ‘escuro’ ter sido indicado por apenas três entre os seis grupos da sala, Lynne decidiu que ele deveria ser preservado, provavelmente porque não havia consenso em alguns grupos sobre certos lugares serem claros ou escuros.

3.6 Episódio 5 (Aula 2): O pessoal estava falando sobre o frio ...

O episódio 5 aconteceu no começo da segunda aula da seqüência. Lynne chama a atenção da turma para a lista no quadro de giz: **água, ar, frio, escuro**. A idéia de que ‘o frio é necessário para que a ferrugem aconteça’ havia sido estabelecida por meio do debate em sala, mas não faz parte da ‘estória científica’. Por isso, Lynne decide questionar essa idéia, fazendo referência às experiências pessoais, dela e dos alunos, com as férias em lugares quentes:

Professora: Bom, queremos checar ... que frio, ar, água e escuro são necessários. Agora, eu pensei sobre isso e eu estava pensando sobre o frio, porque o pessoal estava falando sobre o frio. E eu, de repente, pensei sobre as férias num lugar quente, certo? Agora, quantos entre vocês já estiveram no estrangeiro, num lugar muito quente, como a Grécia ou a Espanha, ou lugares como esses? (Vários alunos levantam a mão). Certo, muitos de vocês. Bom, podem abaixar as mãos. Agora, pensando sobre isso, de repente eu pensei sobre todos os lugares onde eu estive, bem, lugares nem um pouco frios. Isso significa que nesses lugares, no estrangeiro, as coisas nunca enferrujam?

Lynne continua:

Professora: Porque, se você pensar sobre isso - se você está dizendo que é o frio que faz as coisas enferrujarem, a lógica disso é que se você estiver num lugar quente as coisas nunca vão enferrujar. Se alguém tiver algum comentário a fazer sobre isso, por favor levante a mão. Gavin?

Gavin: Pode enferrujar sem frio.

Professora: Frio. Pode enferrujar sem frio - certo. Por que, vocês entenderam o que estou querendo dizer - Nicola - o que isso significa? Gavin está dizendo que as coisas podem enferrujar sem frio. Nós devemos então manter o frio na nossa lista? Então, é o frio essencial para o enferrujamento?

Estudantes: [em coro] Não.

Lynne, dessa forma, fornece uma ‘prova’ para remover o frio da lista das coisas essenciais. Do ponto de vista científico, seu argumento é questionável: o que significa a condição ‘quente’ em oposição ao ‘frio’? Se as condições na Grécia não são controladas, não poderia a ferrugem ter acontecido à noite ou no inverno, quando é mais frio? No entanto, a partir das respostas dos estudantes temos evidência de que eles consideraram o argumento de Lynne plausível. Como ela apresentou esse argumento numa abordagem *de autoridade*, isso pode ter dado mais peso à idéia. Notem que Lynne introduz sua afirmação inicial, interage com Gavin num padrão I-R-A e, finalmente, instaura uma interação confirmatória com toda a classe.

Intenção da professora	☞ ☞ Desenvolver a estória científica: removendo o 'frio' da lista das possíveis coisas essenciais.
Conteúdo	☞ ☞ Focalizar na condição 'frio' (descrição empírica)
Abordagem	☞ Interativa/de autoridade
Padrões de interação	☞ ☞ I-R-A
Formas de intervenção	☞ ☞ Apresentar nova informação; estabelecer uma interação confirmatória.

Quadro 9: O pessoal estava falando sobre o frio ...

4.7 Episódio 6 (Aula 2): Não importa o que vocês pensam .. nós vamos fazer uma investigação experimental²⁰

Após ter removido 'frio' da lista (deixando **água, ar, escuro**), Lynne revê o progresso e prepara o que virá a seguir:

Professora: Agora, isso significa que nós ficamos com ar, água e escuro, e o que nós precisamos tentar é verificar se nós podemos realmente provar se é o ar isoladamente, talvez até a água isoladamente, talvez o escuro isoladamente, ou uma combinação dos três o que faz com que as coisas enferrujem. Agora, não importa o que vocês pensam, quais são suas idéias; a questão, nessa tarde, é que nós vamos fazer uma investigação experimental para testar isso. Certo?

As palavras de Lynne dão uma indicação clara que o discurso, a forma de pensar e a abordagem procedimental estão agora firmemente localizadas no domínio científico. Enquanto que no começo dessa seqüência de aulas as idéias dos estudantes foram consideradas e o diálogo encorajado, Lynne agora afirma que 'não importa o que vocês pensam', pois um experimento científico, uma investigação, vai agora fornecer a base para julgar as hipóteses.

Lynne apresenta o experimento para testar se as três coisas separadamente, ou em combinação, provocam a ferrugem. Há alguma interação, mas a fala é *de autoridade*, pois Lynne apresenta instruções claras sobre o 'que deve ser feito'. Cada grupo é instruído a preparar três condições experimentais diferentes: prego de ferro só com ar, só com água, e com ar e água. Metade dos tubos preparados são colocados no escuro, dentro de um armário, e a outra metade sobre as bancadas da sala ambiente, onde há luz.

Intenção da professora	☞ ☞ Manter a narrativa: rever o progresso e estabelecer o objetivo da próxima etapa. ☞ ☞ Desenvolver a estória científica: usar um experimento científico para identificar as coisas essenciais.
Conteúdo	☞ Procedimental: detalhes do experimento ☞ ☞ Epistemológico: controle de variáveis como uma característica ²⁰ de um experimento científico .
Abordagem	☞ ☞ Não-interativa/de autoridade
Padrões de interação	☞ ☞ Não ha interação
Formas de intervenção	☞ ☞ Apresentar informação e instruções

Quadro 10: Não importa o que vocês pensam .. nós vamos fazer uma investigação experimental

4.8 Episódios 7, 8(i) e 8(ii) (Aula 3)

Os três episódios finais da seqüência ocorreram na terceira aula e serão analisados em conjunto.

Episódio 7: O que os experimentos estão nos dizendo?

No início dessa última aula, Lynne reviu as atividades desenvolvidas nas duas primeiras aulas e solicitou aos estudantes que examinassem os seus tubos de ensaio em foram feitos os experimentos:

Professora: Agora, hoje nós precisamos conferir esses resultados e ver se nós podemos reduzir ainda mais as coisas e chegar à coisas absolutamente essenciais para que a ferrugem ocorra.

Uma das alunas, Rebecca, havia verificado que o prego no seu tubo de ensaio contendo apenas água havia enferrujado. Lynne chama atenção para esse resultado:

Professora: Você pode me emprestar este tubo, Rebecca? Vamos ver se a gente consegue pensar, talvez por que neste tubo em particular, o prego enferrujou-se. Vamos pensar nisso com cuidado. Certo, alguém tem alguma idéia? Clare?

Clare: Pode ser que não tivesse a quantidade de óleo suficiente, e algum ar pode ter entrado.

Professora: Certo - uma sugestão é que poderia ser que nele - de fato é uma camada bem fina de óleo - mas ela parece cobrir bem a água. É uma boa hipótese, mas eu acho... olhando para o tubo... O que você acha Matthew? Você acha que a quantidade de óleo é suficiente para impedir que o ar volte ao tubo?

Matthew: Não.

Professora: Não - bem, realmente Matthew está dizendo que talvez não houvesse a quantidade de óleo suficiente, assim essa poderia ser uma hipótese, certo? Há alguma outra razão? Rebecca, você pode se lembrar de seu próprio experimento, e então pensar por que razão o prego enferrujou-se?

Rebecca: Professora, quando eu derramei ele, um tanto caiu fora.

Professora: Certo, certo. Então, você colocou a água fervendo aqui dentro, e então você deixou o tubo cair e ele... Não?

Rebecca: O óleo, professora.

Professora: Você derramou o óleo - ela caiu fora do tubo, então pode ser que ... A água também derramou?

Rebecca: Sim, derramou quase toda.

Professora: Então espalhou por todo lado. Alguém tem alguma idéia sobre o que pode ter afetado o experimento da Rebecca então? Certo - Philip, você quer responder?

Philip: Sabe, quando ela derramou a água? Ela pode ter esfriado e deixado o ar entrar.

Professora: Certo, eu penso que esta é uma hipótese muito boa, e eu escutei alguém desse lado aqui - foi Dean? - dizendo a mesma coisa. Talvez quando derramou, o ar entrou.

Lynne interage com Claire e depois com Matthew, estabelecendo um padrão I-R-A com cada um deles ao debater o porquê apareceu ferrugem no prego da Rebecca. Ele então passa a interagir com a própria Rebecca e uma cadeia de interações do tipo I-R-F-R-F-R é estabelecida à medida em

que Lynne questiona Rebecca sobre detalhes de seu experimento, fornecendo *feedbacks* e pedindo a Rebecca que descreva mais claramente o que aconteceu.

Intenções da professora	Desenvolver a estória científica: revendo os resultados dos experimentos realizados pelos estudantes.
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Focalizando na descrição empírica do experimento de Rebecca ☞ Desenvolvendo uma explicação empírica para o resultado inesperado.
Abordagem	☞ Interativa/dialógica
Padrões de interação	☞ I-R-A e I-R-F-R-F-
Formas de intervenção	☞ Elicitar razões para o resultado inesperado

Quadro 11: O que os experimentos estão nos dizendo?

Episódio 8(i): Isto está nos dizendo alguma coisa importante?

Finalmente os tubos contendo os pregos com ar e água são examinados e em todos eles os pregos estão enferrujados, independente de terem sido colocados no escuro ou no claro. Lynne pergunta o que isso significa:

Professora: Assim, todo mundo levantou a mão, para me dizer que com água e ar o prego ficou muito enferrujado. Certo, agora... então. Isto está nos dizendo alguma coisa muito importante, vocês não acham? Como podemos sintetizar essa informação? Dawn?

Dawn: Bem, isto significa que ..., eh, significa, você tem que ter os dois juntos para o prego enferrujar.

Professora: Certo. Eu penso que esta é uma observação excelente - e eu penso que também é uma forma excelente de dizer isso. Ouçam com atenção que eu vou re.... Você poderia repetir para todo mundo o que acabou de dizer?

Dawn: Eh, se, se você tem ar e água misturados juntos, essa é a única ocasião em que os pregos enferrujam.

Professora: Excelente. Você tem que ter - o que você disse realmente na primeira vez foi isso - você tem que ter ar e água juntos para fazer o ferro enferrujar-se, e eu penso que essa é uma excelente forma de descrever isso.

A transformação do conhecimento, como ocorreu no plano social da sala de aula, está completa agora, na medida que me Lynne interage com Dawn, estabelecendo um padrão I-R-A, e pedindo a ela que repita a sua afirmação de que “você tem que ter ambos juntos para que o prego enferruje”. Ela, então, parafraseia Dawn e chega a generalização empírica, de caráter científico, de que ‘ar e água juntos são necessários para fazer o ferro enferrujar-se’, omitindo qualquer referência ao prego.

Episódio 8(ii): Vamos pensar no que fizemos, novamente

Lynne conclui recapitulando tudo que foi feito até o momento:

Professora: Vamos pensar no que fizemos, novamente. No começo, vocês estavam sugerindo que era o frio, o calor, o escuro, a luz, ácidos ou que era água e ar. Todas essas coisas que estavam provocando ferrugem. Foi assim que nós começamos a pensar sobre isso. E o que nós fizemos, agora, nós agora chegamos ao ponto em que vocês decidiram, e vocês de fato provaram isso, que são apenas duas coisas, junto com o ferro.

Lynne recupera o que os estudantes haviam sugerido no começo dessa seqüência de ensino e chama a atenção para a diferença entre a visão científica e o pensamento espontâneo inicial dos estudantes. Esse é um enunciado *dialógico*, pois representa diferentes pontos de vista; mas ele é apresentado numa forma *não-interativa*. Assim, no último episódio analisado temos, pela primeira vez, um exemplo de uma abordagem comunicativa dialógica e não-interativa.

Intenções da professora	8(i): Desenvolver a estória científica: confirmando as coisas essenciais. 8(ii): Manter a narrativa: revendo o progresso realizado desde o começo da seqüência de ensino.
Conteúdo	Estabelecer uma generalização empírica descritiva para a ocorrência de ferrugem.
Abordagem	8(i): Interativa/de autoridade 8(ii): Não-interativa/dialógica
Padrões de interação	8(i): I-R-A 8(ii): Não há interação
Formas de intervenção	8(i): Marcar as idéias-chaves e promover o conhecimento compartilhado (por meio da repetição) 8(ii): Revendo o progresso.

Quadro 12: 8(i): Isto está nos dizendo alguma coisa importante? 8(ii): Vamos pensar no que fizemos, novamente

5.0 Principais aspectos que emergem do caso

Tendo analisado a seqüência de ensino, vamos agora rever os quadros-resumos com a análise de cada um dos oito episódios para verificar como os diferentes aspectos foram desenvolvidos ao longo da seqüência como um todo.

5.1 Uma transformação progressiva na maneira de falar

A partir da análise, um aspecto central que emerge da seqüência de três aulas é a forma pela qual o *conteúdo* do discurso sobre uma *transformação progressiva*, desde as idéias *cotidianas* dos estudantes sobre os lugares onde ocorre ferrugem até o desenvolvimento de uma *generalização empírica* sobre a ferrugem, em termos das coisas essenciais. Em outras palavras, o desenvolvimento da estória científica envolveu uma re-contextualização progressiva dos meios mediacionais (Wertsch 1991), na medida que a professora guiou a transformação do discurso em sala de aula, das descrições dos estudantes baseadas no 'aqui-agora' dos lugares específicos onde os pregos enferrujaram-se até a regra geral aplicável a qualquer situação. Como este processo de re-contextualização foi alcançado no curso das três aulas?

5.2 Abordagem comunicativa: ciclos de atividade

Se olharmos novamente os oito quadros com os sumários da análise de cada episódio, uma característica marcante que emerge é um padrão no uso das abordagens comunicativas. Na medida em que a seqüência de ensino progride, a abordagem passa por um ciclo que se repete:

[Interativa/dialógica] - [Interativa/de autoridade] - [Não-interativa/de autoridade]

Esse padrão cíclico relaciona-se com as atividades realizadas nas aulas da seguinte forma:

No *primeiro ciclo*, a professora: promoveu a discussão sobre o que poderia causar a ferrugem nos vários locais onde foram colocados os pregos (I/D); interagiu de maneira não-dialógica (de autoridade) para identificar a água como um fator comum (I/A); apresentou um sumário do progresso realizado até então (NI/A).

No segundo ciclo a professora: organizou uma atividade em grupo para que os estudantes discutissem e identificassem as *coisas essenciais* (I/D); interagiu de forma não-dialógica (de autoridade) para remover o “frio” (I/A); apresentou um sumário e a próxima atividade, experimental (NI/A).

No terceiro ciclo, a professora: discutiu os resultados experimentais com os estudantes (I/D); interagiu de forma não-dialógica (de autoridade) para confirmar as *coisas essenciais* (I/A); fez um sumário do progresso realizado, referindo-se dialogicamente às idéias cotidianas do início da seqüência e às idéias científicas que foram construídas (NI/D).

Em cada ciclo, o padrão das atividades é claro:

1. A professora e os estudantes (ou os estudantes em grupos) interagem para **discutir** idéias relevantes para o desenvolvimento da estória científica (I/D).
2. A professora intervém junto ao alunos para **trabalhar** alguns aspectos do conteúdo, com o objetivo de desenvolver a estória científica (por meio de *dar forma/selecionar/marcas idéias chaves*) (I/A).
3. A professora intervém para **rever** o progresso no desenvolvimento da estória científica, sintetizando os pontos chave e antecipando os próximos passos (NI/A).

5.3 Um ‘ritmo’ fundamental para desenvolver a estória científica

Dessa maneira, o discurso, que se estende pelas três aulas, pode ser caracterizado por assumir um ‘ritmo’ particular em torno das etapas repetidas de **discutir/trabalhar/rever**. Consideramos que tal ‘ritmo de ensino’ é interessante, ao promover a aprendizagem no contexto da sala de aula. Por que acreditamos nisso?

A primeira hipótese relaciona-se com a premissa básica de que o processo de entendimento é dialógico por natureza. De acordo com Voloshinov,

Entender a enunciação de uma outra pessoa significa se orientar em relação a ela, encontrar seu lugar no contexto correspondente. É como se nós especificássemos, em resposta a cada palavra da enunciação que estamos em processo de entendimento, um conjunto de nossas próprias palavras. Quanto maior o número e o peso dessas palavras, mais profundo e substancial será o nosso entendimento (...) Qualquer entendimento verdadeiro é dialógico por natureza (Voloshinov, 1973, p. 102).

Se o objetivo do ensino é fazer com que os estudantes desenvolvam um entendimento do tópico em estudo, esses estudantes devem engajar-se em atividades dialógicas, seja de forma interativa ou não-interativa: participando de, ou escutando a, uma interação dialógica entre o professor e a classe; discutindo idéias com seus colegas em pequenos grupos; pensando sobre as idéias. Seja de que forma isso se concretize, cada estudante precisa ter a oportunidade de trabalhar as novas idéias, ‘especificando um conjunto de suas próprias palavras’ em resposta a essas idéias, para que possa apropriar-se dessas idéias, torná-las suas próprias idéias.

Ao mesmo tempo em que reconhecemos a importância fundamental das atividades dialógicas para que os estudantes produzam significados, é a *professora* quem tem responsabilidade por desenvolver a estória científica. Os estudantes podem discutir por uma eternidade as formas pelas quais carrinhos descem um plano inclinado e nunca chegarem às grandes idéias contidas nas Leis de Newton para o movimento. Faz parte do trabalho do professor intervir, introduzir novos termos e novas idéias, para fazer a estória científica avançar. Intervenções de autoridade são igualmente importantes e parte fundamental do ensino de ciências. Afinal, a linguagem social da ciência é essencialmente de autoridade.

Nós também acreditamos que há um lugar importante para aquelas intervenções nas quais a professora ‘estabelece uma linha divisória’ para concluir uma seqüência de interações e faz afirmações sobre ‘onde chegamos até o momento’ e ‘o que vai acontecer a seguir’, sejam essas intervenções dialógicas ou de autoridade. Nesse tipo de intervenção, para rever e sintetizar o progresso realizado até o momento, a professora usa o plural ‘nós’ para indicar uma ‘voz’ compartilhada: ‘o que nós fizemos até agora foi tentar ...’; ‘nós vimos que...agora nós podemos ver que’. A implicação do uso desse ‘nós’ é apontar para um ‘entendimento compartilhado’ (Edwards & Mercer, 1987) por toda a classe, da estória científica desenvolvida até então. É claro que isso nem sempre ocorre, pois há uma etapa individual de reconstrução dos significados no processo de aprendizagem. Mas, ao mesmo tempo, nos parece fundamental considerar a importância da professora intervir para levar uma etapa da atividade ao fechamento, pontuando o estágio do desenvolvimento da estória científica com afirmações relacionadas ao ‘corrente estágio de entendimento’. Nós denominamos ‘manter a narrativa de ensino’ essa intenção da professora.

É com esses três aspectos em mente que chamamos a atenção para o valor e importância do ritmo *discutir/trabalhar/rever*. Além disso, nossa experiência mostra que *não* é comum existirem exemplos de abordagens para o ensino de ciências que representem um movimento entre esses três elementos de forma sistemática e rítmica.

5.4 Desenvolvendo a estória científica: uma ‘espiral’ de ensino

Como as idéias de ‘transformação progressiva do conteúdo do discurso’ e de ‘ciclos de abordagem comunicativa’ se relacionam? O diagrama a seguir representa uma tentativa de relacionar essas duas formas da caracterizar essa seqüência de ensino.

O movimento entre as diferentes abordagens comunicativas é mostrado para cada um dos três ciclos de atividade. Por meio de cada um desses ciclos, o conteúdo do discurso da sala de aula vai modificando-se progressivamente: dos *lugares* onde foram colocados os pregos para *coisas existentes* nesses lugares; dessas *coisas* para as *coisas essenciais*; e, finalmente, das *coisas essenciais* para a *prova científica* para as coisas essenciais. Colocando os ciclos de abordagens comunicativas juntos com essas mudanças no conteúdo, nós podemos ver o desenvolvimento de uma ‘espiral de ensino’ que emerge da diversidade das idéias iniciais dos estudantes, fortemente

ligadas à contextos cotidianos de ocorrência da ferrugem, e espirala-se em direção ao ponto de vista científico, geral e independente de contexto.

A ESPIRAL DO ENSINO

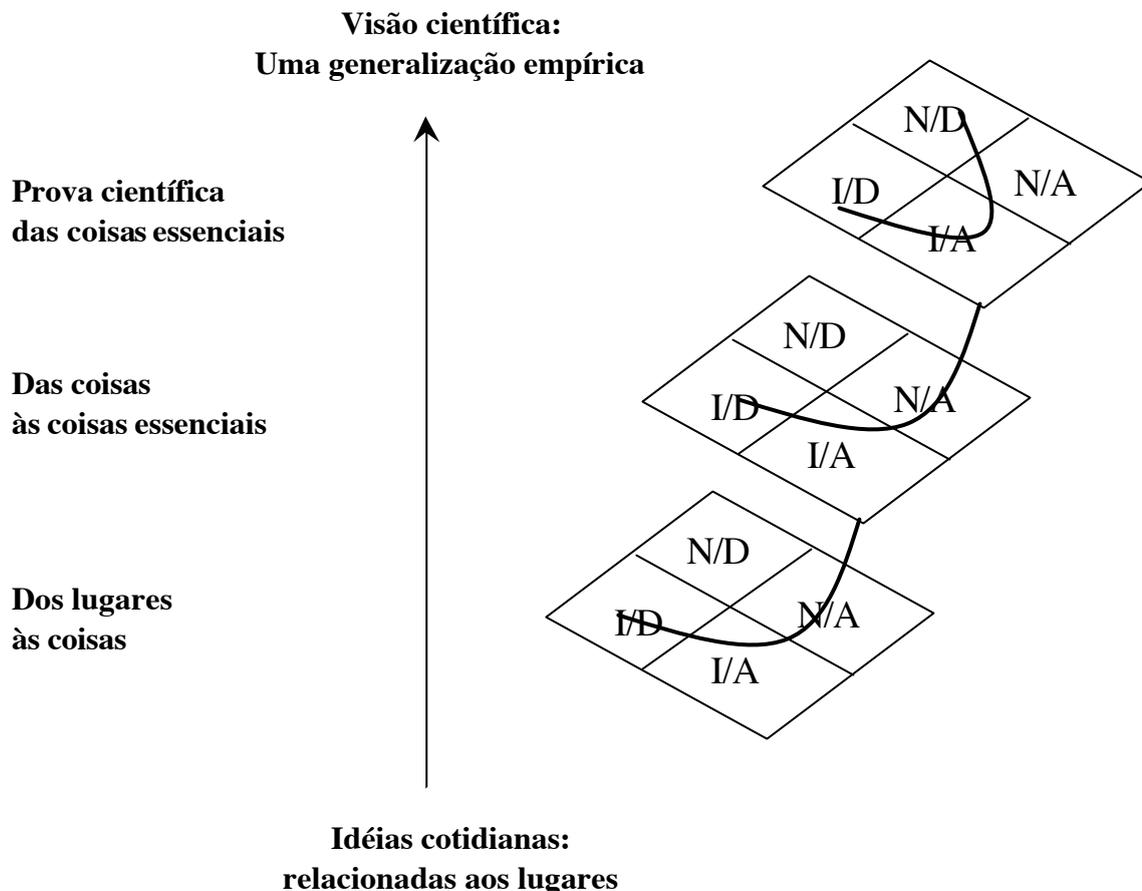


Figura 2: A ‘espiral de ensino’ para essa seqüência²⁰

Qual o significado dessa espiral de ensino? Em primeiro lugar, nós *não* estamos sugerindo essa forma de espiral como algo a ser perseguido em qualquer seqüência de ensino. No entanto, nós acreditamos que em *qualquer* seqüência de ensino *é aconselhável que haja* variações nas classes de abordagem comunicativa, cobrindo tanto a dimensão dialógica/de autoridade como a interativa/não-interativa. O ‘ritmo’ da performance de ensino pode não seguir a elegante espiral mostrada neste caso, mas precisa mover-se consistentemente entre as diferentes classes de abordagem comunicativa.

Em segundo lugar, é importante chamar a atenção para a transformação do conteúdo e para a natureza das ‘lacunas’ existentes entre as visões cotidiana e científica relacionadas ao mesmo fenômeno. Neste caso particular, tanto as perspectivas cotidianas como a científica são de natureza *empírica* e *descritiva*, pois têm por base aspectos observáveis do fenômeno. Na medida em que cada ciclo é instaurado, pode-se observar o movimento do conteúdo em direção à visão científica numa série de pequenas etapas interligadas, e o estudo de caso mostrou que, de uma maneira geral, os estudantes foram capazes de acompanhar essas mudanças e seguir a performance de ensino com sucesso. Em outras áreas de conteúdo de ciências pode ser que o ensino envolva a introdução de *explicações teóricas*, por exemplo por meio da introdução da teoria corpuscular da matéria para explicar propriedades dos materiais. Nesse caso, as lacunas entre as visões cotidiana e científica podem ser mais acentuadas. Os estudantes, por exemplo, podem ter idéias cotidianas de natureza empírica e descritiva sobre as propriedades da matéria e serem requisitados a desenvolver uma

visão científica em termos de explicações teóricas. A performance de ensino poderia começar com descrições empíricas de várias propriedades dos materiais, a partir do conhecimento cotidiano dos estudantes, e então introduzir o modelo corpuscular para explicar essas propriedades. Nesse caso nós imaginamos que o movimento entre as visões cotidianas e científica, na fase empírica e descritiva inicial, envolverá passos relativamente pequenos, com uma pequena *demandade aprendizagem* (Leach and Scott, 2002), enquanto que na fase de introdução dos modelos explicativos teóricos esses passos serão maiores, consequência de uma maior demanda de aprendizagem.

6.0 Considerações finais

A análise apresentada neste artigo mostra como as quatro classes de abordagem comunicativa estão articuladas como o desenvolvimento do conteúdo do discurso na medida em que progride o desenvolvimento da estória científica, e também como essas abordagens são produzidas por meio de intervenções da professora e por meio de diferentes padrões de interação. Dada a facilidade com que a estrutura analítica aqui apresentada descreve, de maneira integrada, os diferentes aspectos da performance de ensinar, nós acreditamos que essa estrutura constitui-se numa ferramenta útil tanto para analisar como para planejar o ensino de ciências.

Além disso, acreditamos que para que uma ferramenta analítica tenha impacto nas práticas pedagógicas do dia-a-dia, no ensino de ciências, ela deve preencher dois critérios básicos: 1) ela precisa capturar efetivamente os aspectos chaves do que acontece nas salas de aula; 2) ela precisa ser desenvolvida num nível de detalhe apropriado, de modo a facilitar o trabalho de análise e planejamento de ensino. Bem no centro da nossa estrutura analítica está a idéia de quatro classes diferentes de abordagem comunicativa. Nós temos evidência, a partir de nosso trabalho de formação inicial e continuada de professores de química, física e ciências, tanto no Brasil como na Inglaterra, de que esse conceito de 'abordagem comunicativa' preenche os dois critérios apresentados acima. Nós procuramos demonstrar que os outros aspectos da estrutura analítica articulam-se de forma coerente em torno da análise das abordagens comunicativas.

No campo da pesquisa de estratégias comunicativas nas sala de aula de ciências, há um considerável interesse, atualmente, em abordagens analíticas que enfatizam os aspectos multimodais do discurso de sala de aula. Nós consideramos esse tipo de trabalho bastante útil (Kress et al, 2001) para analisar as atividades comunicativas de salas de aula de ciências. Ao mesmo tempo, nós acreditamos que há um perigo de que os esforços de pesquisa abandonem o foco lingüístico prematuramente, antes de chegar aos *insights* que poderiam contribuir para entender e melhorar as práticas de ensino e aprendizagem de ciências. Nós acreditamos que a fala e o discurso verbal, embora não sejam os únicos modos de comunicação nas salas de aula de ciências, são centrais para esse processo. Esperamos que este trabalho possa contribuir para um entendimento mais profundo de como o discurso verbal pode ser desenvolvido na sala de aula de ciências, de uma maneira reflexiva, para auxiliar a aprendizagem dos estudantes.

Referências

- BAKHTIN, M.M. (1981) *The diamogic imagination*, ed. by Michael Holquist, trans. by Caryl Emerson and Michael Holquist. (Austin: University of Texas Press).
- BAKHTIN, M.M. (1986) *Speech Genres & Other Late Essays*, ed. by Caryl Emerson and Michael Holquist, trans. by Vern W. McGee. Austin: University of Texas Press.

- BILLIG, M. (1996) *Arguing and thinking: A rhetorical approach to social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press 20
- DUIT, R. and TREAGUST, D. (1998) Learning science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B.J. Fraser and K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, pp. 3-25. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- EDWARDS, D. and MERCER, N. (1987). *Common knowledge; the development of understanding in the classroom*. London: Methuen.
- HALLIDAY, M.A.K. and MARTIN, J.R. (1993) *Writing Science*. London: Falmer Press
- HARRE, R. and GILLETT, G. (1994) *The discursive mind*. Thousand Oaks, California: Sage Publications, California.
- KRESS, G., JEWITT, C., OGBORN, J. and TSATSARELIS, C. (2001) *Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- KUHN, D. (1992) Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62, 155-178.
- LEACH, J.T. and SCOTT, P.H. (2002) The concept of learning demand and approaches to designing and evaluating science teaching sequences. *Studies in Science Education*, February 2002.
- LEMKE, J.L. (1990) *Talking Science. Language, Learning and Values*. (Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation).
- MEHAN, H. (1979) *Learning Lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- MORTIMER, E.F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, (1): 67-82.
- MORTIMER, E.F. and SCOTT, P.H. (2000) Analysing discourse in the science classroom. In Leach, J., Millar, R. and Osborne, J. (Eds) *Improving Science Education: the contribution of research*. Milton Keynes: Open University Press.
- MORTIMER, E.F. (2000) Microgenetic analysis and the dynamic of explanation in science classrooms. *Proceedings of the III Conference for Sociocultural Research*, <http://www.fae.unicamp.br/br2000>.
- MORTIMER, E.F. and SCOTT, P.H. (In press) *Meaning making in secondary science classrooms*. Buckingham: Open University Press.
- OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I. and MCGILLICUDDY, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press,.
- ROYCHOUDHURY, A. and ROTH, W.-M. (1996) Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18, No. 4, pp.423-445.
- SCOTT, P.H. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32: 45-80.
- SUTTON, C. (1992) *Words, science and learning*. Buckingham: Open University Press
- VAN ZEE, E.H. and MINSTRELL, J. (1997) Reflective discourse: developing shared understandings in a physics classroom. *International Journal of Science Education*, Vol. 19, No. 2, pp. 209-228.
- VOLOSHINOV, V.N. (1973) *Marxism and the philosophy of language*. Trans. L.Matejka and I.R. Titunik. New York: Seminar Press.
- VYGOTSKY, L.S. (1978) *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- VYGOTSKY, L.S. (1987) Thinking and Speech. In *The Collected Works of L.S. Vygotsky*; Rieber, R.W.; Carton, A.S. (Eds.). Trans. by Minich, N. New York: Plenum Press. pp 39-285.
- WERTSCH, J.V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Harvester Wheatsheaf.
- WOOD, D.J., BRUNER, J.S. and ROSS, G. (1976) The role of tutoring in problem solving. *Journal of Psychology and Psychiatry*, (17), pp. 89-100.