

# APRESENTAÇÃO



É insustentável considerar o computador como um item supérfluo na educação dos dias de hoje, talvez como se pudesse defender há cerca de duas ou três décadas, quando ele começou a migrar para as escrivaninhas das casas. Várias linhas de argumentação justificam categoricamente sua necessidade no cotidiano escolar, como por exemplo, a preparação para um mercado de trabalho invadido pelos computadores. Sob um enfoque histórico, a semelhança da revolução provocada pela internet com aquela experimentada no advento da imprensa de Gutenberg anuncia muitas questões importantes que merecem atenção de todos os segmentos da sociedade. Certamente, isso não significa adotar o computador assepticamente, ou ainda atribuir-lhe funções alheias às suas possibilidades, como, por exemplo, substituir as bibliotecas ou laboratórios nas escolas. Toda tecnologia carrega na sua gênese traços que ampliam e reduzem as ações humanas e é com essa perspectiva que nos orientamos para discutir a características desta tecnologia e suas conseqüências para a educação, de modo a colocar em pauta questões especificamente relacionadas às suas formas de uso em situações de ensino.

Do ponto de vista da aprendizagem, é bastante conhecida a tese de que nosso pensamento se constrói em meio a um processo mediado por instrumentos, cujos exemplos vão desde imagens, palavras, lápis, livros, até dispositivos de pensamento, como o silogismo. Em tempos e culturas diferentes, cada instrumento de mediação desempenha funções específicas que podem se transformar na medida em que o sujeito aprende a usá-lo. No passado, as rimas foram importantes para que, em culturas orais, fosse possível memorizar acontecimentos. Hoje, os versos cumprem outras funções, principalmente porque são transmitidos pela escrita e porque temos na escrita uma tecnologia mais confiável para mediar nossa memória.

O registro escrito cumpre uma função de armazenamento das informações que altera, nas culturas letradas, as formas de pensamento, na medida em que se desenvolve um processo de recuperação da informação diferente daquele baseado na sonoridade. Neste sentido, o armazenamento de dados pelo computador tende a alterar os processos mentais de recuperação da informação,

ou seja, a memória humana deve passar por alterações qualitativas quando a recuperação da informação é mediada por bancos de dados digitais. Portanto, as alterações na memória e em outras funções cognitivas, provocadas pelo uso de instrumentos como o computador, devem influenciar decisivamente as formas de pensamento daqueles que o utilizam.

Um dos assuntos mais instigantes para o debate sobre o computador são os jogos eletrônicos, um fenômeno tão antigo quanto a história do computador pessoal. Há muito tempo também, jogos, de modo geral, vêm sendo considerados por diversos pesquisadores como uma das principais formas de ação para fomentar o desenvolvimento sócio-cognitivo. A característica de o computador ser o centro da convergência de mídias também encontrou nos jogos um exemplo notável, criando um setor robusto na indústria de *softwares*, alterando a rotina de crianças e adolescentes e por isso trazendo questões importantes para o debate.

Sabe-se que há um interesse muito grande entre usuários de computador por jogos eletrônicos, independentemente da faixa etária, mas sobretudo, entre crianças e adolescentes. O que pouco se sabe é sobre quais são os gêneros de jogos eletrônicos preferidos desses segmentos. Seria possível identificar traços distintivos nos jogos eletrônicos, e estamos nos referindo ao jogar, relacionados, por exemplo, aos efeitos da animação ou da simulação sobre o desenvolvimento sócio-cognitivo? Quais são os requisitos modeladores da tomada de decisão em um jogo e como critérios de valor podem influenciar a elaboração do roteiro do jogo?

Não temos como interpretar os efeitos do computador na vida humana, em especial sobre a educação, sem darmos respostas a essas questões. Classificar os jogos como violentos, incentivadores do individualismo ou da competição é uma resposta incompleta, que ignora a ampla variedade de gêneros, formas de representação e princípios éticos que permeiam sua criação.

Um segundo aspecto do uso de computadores e em particular da internet sobre a educação é o aumento das possibilidades de comunicação. O correio eletrônico é o exemplo mais concreto de instrumento potencialmente ampliador dos horizontes comunicacionais para todos aqueles envolvidos no processo

educativo, pois, mediante seu uso, nem alunos, nem professores, estão mais restritos a falar com seus pares nos intramuros da escola. Surge uma forma de comunicação entre o falado e o escrito que, a despeito das imprecisões sintáticas, está aumentando a troca de mensagens e também a diversidade de interlocutores, o que representa ampliar as possibilidades de diálogo para alunos e professores e, portanto, ampliar suas visões de mundo.

Outro exemplo da ampliação dos horizontes comunicacionais são os chamados *blogs* ou diários eletrônicos, um fenômeno atual da internet e de extremo valor para interpretarmos o cenário de mudanças em que vivemos. É bem sabido que os diários são instrumentos de construção de memória datados de séculos. Muitos deles foram escritos para um círculo de pessoas próximas do autor; outros, por conterem segredos incompiláveis, não poderiam ser publicados. O que ocorre, por conta da ampliação do universo de interlocutores, são alterações potenciais sobre o processo de elaboração da memória, pois é certo que as narrativas dos diários serão influenciadas por todo o mundo da internet, por suas comunidades que têm agora um instrumento inusitado para construir memórias coletivas.

Os *blogs* são mais um centro de formação de opinião sobre temas da mídia, por força da expansão dessa ferramenta cultural entre jornalistas. É de se esperar que outras pessoas também queiram dizer ao 'mundo' o que pensam sobre o que se passa na sua vizinhança. Na verdade, esta é uma prática antiga na internet. No entanto, para interpretar a influência dos *blogs* sobre a variação da intenção de votos em uma disputa política não se usam os mesmos materiais e métodos usados no estudo das situações domésticas ou escolares de criação de diários pessoais ou acadêmicos na internet. Devemos insistir sobre a necessidade de se estudar este fenômeno, assim como os jogos eletrônicos, em situações de uso, seja em casa, na sala de aula, lanchonetes, quiosques etc, na perspectiva de compreender como a ampliação da interlocução e a aproximação entre visões de mundo distintas podem contribuir, por exemplo, para criar atitudes de tolerância e solidariedade.

Estas duas características do computador e da própria internet nos convocam a debater diversas questões de grande interesse da sociedade, em particular, de segmentos ligados à educação. Alterações nos processos de construção de pensamento e de comunicação não são imediatamente apreendidas pelas instituições, e em particular pela escola, pois elas ocorrem no bojo de outras transformações estruturais nos meios de produção e nas relações de poder que afetam com mais força nosso cotidiano. Não podemos aceitar respostas imediatas para questões complexas, nem tão pouco ignorar que passamos por um momento importante na história da humanidade e que as conseqüências da presença do computador na escola devem ser examinadas à luz de um debate amplo, envolvendo crianças, adolescentes, pais, professores e profissionais de diversas áreas, de preferência sem imediatismos nem dogmatismos.

O uso de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) na educação tem atraído atenção generalizada em diversos países. Grandes projetos de políticas públicas têm sido deflagrados pelo mundo afora (Somekh, 2000; Pelgrum, 2001) e no Brasil a situação não é diferente (Brasil, 1999). Não apenas os Estados nacionais têm destinado vultosos recursos para equipar escolas com computadores e acesso à internet, mas também a iniciativa privada mobiliza somas substanciais na informatização das escolas. É inegável também que a principal justificativa apontada por ambas as partes é a necessidade de orientar as ações educacionais e, portanto, a formação dos alunos para as necessidades das sociedades que estão imersas, e às vezes imobilizadas, em um mundo globalizado, onde as oportunidades de trabalho exigem cada vez mais conhecimentos e habilidades para agir com computadores. Não há dúvidas sobre as exigências do mercado de trabalho mobilizarem a atenção daqueles que planejam a educação, mas serão elas as definidoras dos propósitos das ações educativas que se realizam na sala de aula?

Por certo, não é possível reduzir, nem muito menos orientar toda a dinâmica da sala de aula ao que se supõe ser o núcleo ou a essência dos conhecimentos e das habilidades para agir com o computador, ou agir por meio

dele. Isso porque não se trata de eleger princípios norteadores das ações da sala de aula a partir de características singulares das TICs, e menos ainda de se reduzir as ações humanas a um conjunto universal de atitudes e valores. Estas seriam medidas unilaterais resultantes de uma visão parcial e exterior à sala de aula. Por ignorarem o caráter situado e a multiplicidade de propósitos que perpassam as ações do cotidiano escolar, essas visões são incompletas e agregam baixo valor teórico e metodológico para investigar a dinâmica que ali se instaura a partir da chegada de novos meios mediacionais. Para se compreender as funções das TICs no ensino e na aprendizagem, é necessário portanto voltar a atenção para os efeitos produzidos pelas suas formas de uso na sala de aula, quando elas estão imersas em um contexto que as toma como meios mediacionais capazes de sustentar a realização de ações motivadas por propósitos definidos pela própria cultura da sala de aula.

Dentre os diversos desdobramentos das pesquisas que temos desenvolvido na área de TICs, temos defendido a necessidade de se orientar o ensino de ciências, e o ensino de química em particular para projetos que considerem os efeitos dos ambientes de informação (Giordan, 1998a), de comunicação (Giordan, 1998b), e de simulação (Giordan 1999) sobre o processo de elaboração de significados, especialmente relacionados à teoria corpuscular da matéria (Meleiro e Giordan, 1999). O estudo destes ambientes em situações de ensino e aprendizagem tem considerado neste momento a formação inicial de professores, por meio do oferecimento de uma disciplina de graduação a distância (Giordan, 2001). Como resultado preliminar, notamos a determinação de uma temporalidade virtual da ambiência da internet sobre a realização das atividades pelos futuros professores (Mello, 2003), o que nos tem levado a considerar a adaptação das atividades de ensino aos condicionantes da temporalidade virtual e à própria necessidade de reflexão sobre essa temática nos programas de formação inicial de professores.

Temos investigado também as transformações que ocorrem no cotidiano escolar quando o todo da instituição ganha acesso à internet (Durán, 2003; Giordan, 2005). Ali, tomamos por referência as propriedades da ação mediada

para definir os ambientes da internet a partir da combinação de funções e propriedades das ferramentas culturais que constituem o cenário das ações. Diante desta perspectiva, analisamos as ações não apenas do sujeito isolado, mas também a ferramenta cultural que ele empregou para agir ou falar, e observamos que o uso do correio eletrônico transformou o caráter das ações mediadas no interior da escola, como por exemplo, por meio da instalação de fóruns eletrônicos, que interferiram tanto na elaboração da agenda e na dinâmica das reuniões do coletivo, como na organização de atividades de ensino.

A instauração da internet como recurso de apoio para realização de atividades escolares, uma realidade que se tornou visível no final da década de 1990 (Giordan e Mello, 2000), demandou também nossa atenção para investigar o padrão discursivo empregado por estudantes e professores em seções de tutoria (Giordan, 2003; Giordan, 2004). Destas investigações pudemos constatar a ocorrência de tríades IRF semelhantes àquelas observadas na sala de aula, cujas estruturas e funções nos levaram a considerar as interações como Diálogos Triádicos ou Debates. A multifuncionalidade e a estrutura dos enunciados veiculados por meio do correio eletrônico foram tomadas como as principais evidências para explicar a elaboração de significados situados no contexto das interações envolvendo alunos e professores. Como fruto dessas investigações, consideramos que a correlação observada entre a estrutura discursiva dos diálogos e a estrutura da ação mediada é um forte indício de que os enunciados e as formas de uso do computador podem ser investigados por meio de técnicas de análise do discurso verbal da sala de aula, seja ele oral ou escrito, combinadas com outras técnicas que adotam a ação mediada como unidade de análise.

Se os conceitos de domínio e apropriação de ferramentas culturais nos foram úteis para compreender como professores agiram em ambientes da internet, e como alunos e professores agiram em situações de tutoria pela internet para elaborar significados, parece-nos razoável adotá-los como balizadores da investigação dos processos de elaboração de significados que ocorrem no curso das atividades realizadas pelos alunos diante do computador, pois, ao situarmos o plano da investigação no interior da sala de aula, consideramos que as ações ali

realizadas têm a mesma natureza mediada das ações produzidas pelos professores no curso de um programa de formação continuada, e por alunos e professores em situações de tutoria, ainda que essas ações atendam a propósitos diferentes.

Neste sentido, recolhemos as contribuições de nossos estudos nas áreas de Educação em Ciências e TICs na Educação para discutir um conjunto de investigações a partir das quais pudemos aprofundar nossa compreensão sobre a natureza da ação mediada e dos processos de elaboração de significados que se realizam em salas de aula, nas quais o computador é uma das ferramentas culturais capazes de mediar estas ações e sustentar estes processos. Dessa forma, atendemos uma das premissas fundamentais dos estudos socioculturais, que defende o caráter situado das ações humanas, sejam elas de natureza interna ou externa, e traçamos como objetivo investigar a partir das salas de aula de química e de um programa de formação continuada de professores os diversos matizes dos processos de domínio e apropriação de ferramentas culturais, e de elaboração de significados, cujos resultados têm fomentado outras investigações sobre a organização de projetos de ensino para esta disciplina escolar, bem como a implantação de projetos pedagógicos no próprio âmbito escolar.

Nosso intuito aqui é apresentar um programa de pesquisa que vem se desenhando a partir de construtos teórico-metodológicos de raiz sociocultural na direção de defender uma abordagem situada para organizar o ensino e investigar os processos de elaboração de significado na sala de aula. Neste programa de pesquisa, o computador e o conhecimento químico são alçados à categoria de ferramentas culturais que são usados por alunos e professores para mediar ações internas e externas. Desta forma, os resultados das investigações realizadas até o momento foram organizados da seguinte forma:

No Capítulo 1, são discutidas as principais contribuições de Vigotski, Bakhtin, Wertsch e outros autores que nos permitiram focar nossas investigações sob a perspectiva sociocultural. Nos capítulos seguintes, são discutidas algumas investigações empíricas, que basicamente contemplaram duas vertentes. A primeira considera atividades face-a-face realizadas no âmbito da sala de aula, e

que são portanto mediadas pela fala e por outros sistemas semióticos como os textos escritos e a gestualidade. A segunda alarga o horizonte da sala de aula e considera as atividades assíncronas e não presenciais mediadas exclusivamente pelo computador, nas quais as linguagens verbal, escrita e iconográfica são os principais sistemas semióticos empregados. Para cada uma destas vertentes foram realizadas atividades específicas de ensino, por meio de cenários estruturados, segundo quatro formas de interação entre agentes e computador.

O objetivo do Capítulo 2 é discutir algumas das principais questões atuais de pesquisa sobre a presença do computador nas aulas de ciências. Para apresentar o estado da arte da pesquisa, recuperamos as primeiras experiências de utilização do computador e também apresentamos outras experiências de uso da internet, bem como de atividades desenvolvidas diante do computador. Paralelamente às formas de utilização do computador, são discutidas algumas questões de pesquisa desdobradas das doutrinas de pensamento que alimentam os programas de pesquisa em Educação em Ciências, enfatizando alguns conceitos da teoria da ação mediada.

No Capítulo 3, o computador é visto como uma estação de trabalho que medeia atividades organizadas a partir de um conjunto diversificado de interfaces, e ainda, no seu limite material, tem nos permitido romper com coerções espaço-temporais como nenhum outro meio nos permitiu até hoje. Trabalhamos sob uma perspectiva de integrar os meios de expressão e registro da ação, do pensamento, da palavra, da imagem no computador, mas acima de tudo, aquilo que mais seria importante, a programação é tomada como uma categoria importante, e particularmente para este estudo nos interessa explorar como a programação altera nossa capacidade de organizar e potencialmente analisar os dados.

No capítulo 4, tratamos de um aspecto específico da representação de partículas por meio de aplicativos computacionais e como esta forma relativamente recente de representação se insere na educação científica de alunos da escola básica. Inicialmente, discutimos uma particularidade da Química que diz respeito às dimensões espaço-temporais das realidades investigadas. Em seguida, discorreremos sobre noções de experimentação que vêm sendo fundadas

para lidar com a relação teoria-empíria. Nesta discussão, re-introduzimos a noção de simulação já com o intuito de abordar as fronteiras que se formam entre as dimensões do conhecimento químico. Na segunda parte, descrevemos as funcionalidades de um aplicativo de construção de objetos moleculares que vem sendo desenvolvido no nosso laboratório e suas primeiras aplicações nas salas de aula do Ensino Médio.

O processo de introdução da internet em uma comunidade escolar é descrito e analisado no Capítulo 5, tendo como objetivo central verificar como o domínio e a apropriação da ferramenta cultural e os propósitos da ação mediada condicionam este processo. A partir da descrição e análise desse processo, identificamos os elementos condicionantes do domínio e da apropriação das ferramentas culturais, tendo como suposto o conceito de ambientes virtuais, desenvolvido no final do Capítulo 1. Descrevemos a introdução da internet em uma escola no curso de um programa de formação continuada, de onde se obtêm evidências da determinação dos propósitos e das formas de uso da ferramenta cultural pelos agentes sobre os processos de elaboração de significados, e de apropriação do correio eletrônico pelos professores e pela instituição. Analisamos as modalidades discursivas observadas nos diálogos para explicar as ações internas e externas realizadas pelos professores, a partir das quais se discute a interação entre a estrutura discursiva e a estrutura das ações mediadas, bem como as funções do diálogo e da ferramenta cultural na elaboração de significados e na organização do ensino. Apresentamos razões para se realizarem programas de formação continuada sobre o uso da internet, no interior da escola, justificadas pelas transformações observadas na ambiência de ensino e aprendizagem.

No capítulo 6, dois episódios de tutoria pela internet são analisados levando-se em consideração aspectos situacionais, da interação e do conteúdo das mensagens. Os episódios envolveram estudantes de Ensino Médio que submeteram dúvidas sobre temas da química para um serviço de atendimento *on-line* oferecido por professores. Estudos sobre elaboração de perguntas e sobre a dinâmica das interações discursivas em sala de aula são empregados para discutir os fatores interacionais e de conteúdo para esta modalidade de ensino. As

funções dos enunciados produzidos por professores e alunos são usadas para identificar os padrões estruturais da interação. A ocorrência de tríades IRF clássicas e invertidas, a continuidade dos diálogos e outros padrões estruturais são utilizados para classificar os episódios como Debate e Diálogo Triádico. As noções de domínio de ferramentas culturais e andaimes são usadas para interpretar como o significado é construído por meio das interações. Ainda neste capítulo, tríades IRF produzidas por aluna e tutora em uma interação de tutoria pela internet são analisadas em termos das características multifuncionais de cada enunciado. Diferentes funções relacionadas a diferentes propósitos foram observadas nos movimentos de iniciação, resposta e seqüência realizados pela aluna. O controle da interação esteve compartilhado entre aluna e tutora. Sugerimos que a ocorrência simultânea e entrelaçada de diferentes cadeias constituídas de tríades IRF é um fator estrutural das interações de tutoria pela internet que pode explicar o fluxo do diálogo realizado por correio eletrônico.

À guisa de conclusão, recolhemos as principais contribuições deste programa de pesquisa e apresentamos uma proposta de estudos, que integra situações presenciais e não-presenciais de ensino, envolvendo quatro diferentes formas de interação entre alunos, professores e computador.

# CAPÍTULO 1

## ESTUDOS SOCIOCULTURAIS E A TEORIA DA AÇÃO MEDIADA.



Esta introdução teórica é um exercício de compreensão de princípios e teorias de matriz sociocultural à luz de estudos sobre o uso do computador na sala de aula de ciências. Nossa intenção é discutir as idéias principais sobre a formação do pensamento e da linguagem, que podem ser articuladas para estudar como alunos e professores interagem diante do computador em situações de ensino. Neste sentido, organizamos esta introdução em quatro seções.

Na primeira seção, apresentamos de forma sumária as idéias de Vigotski, destacando dois cenários. Em um cenário, discutimos suas investigações empíricas, fontes importantes de informação sobre os conceitos e categorias analíticas, e em outro cenário, discutimos os princípios metodológicos das suas investigações, buscando identificar formas de organização dos cenários de nossa investigação em situações de uso do computador na sala de aula. Na segunda seção, realizaremos uma breve discussão sobre os conceitos articulados na teoria do enunciado que são mais representativos para interpretarmos a elaboração de significados, reconhecendo a dialogicidade como núcleo principal do pensamento bakhtiniano.

É interessante observar que Vigotski e Bakhtin fazem críticas a diferentes correntes de pensamento que realizam estudos em suas áreas, a Psicologia e a Lingüística. A inadequação dos enfoques teóricos e metodológicos criticados por eles tem em comum o fato de se tratar os objetos de estudo desde uma perspectiva divorciada da realidade, sem considerar a mediação dos signos como elemento que estabelece a ligação entre o plano social e o plano interno. De todo, o aprofundamento da defesa do caráter mediado se apóia em um princípio igualmente importante extraído da dinâmica desse processo de criação e apropriação dos signos, de sua dependência em relação à situação na qual se desenvolve. É nesta direção que reconhecemos uma das contribuições de Wertsch na sua proposição da teoria da ação mediada, que é discutida na terceira seção. Finalizando o capítulo, analisamos algumas questões de pesquisa atinentes à perspectiva sociocultural sobre as quais nos debruçamos para estudar a interação e a elaboração de significado em sala de aula, enfocando

particularmente algumas formas do pensamento químico e algumas propriedades dos ambientes virtuais informatizados.

### **Lev Vigotski e os fundamentos para uma teoria social da mente.**

A leitura do 'Manuscrito de 1929' nos permite verificar as principais idéias e interlocutores de Vigotski, que àquela altura já havia produzido o influente texto 'O significado histórico da crise da psicologia', que data de 1927. Dois anos após a produção do manuscrito, Vigotski elaborou uma outra importante contribuição sobre o desenvolvimento das funções mentais superiores, na qual enunciou a lei genética geral do desenvolvimento cultural. Como já é bastante conhecido do público brasileiro, em seu último ano de vida, 1934, Vigotski concluiu sua obra seminal, 'Pensamento e Linguagem'. Estas três obras nos parecem retratar suas principais contribuições para os estudos dos processos de desenvolvimento cultural que se realizam em situações formais de ensino. Além dessas, nos apoiamos também na leitura de 'Método instrumental em psicologia' e de 'Psicologia do Adolescente', datados respectivamente de 1930 e 1931, para realizar aqui uma discussão acerca das principais idéias de Vigotski, buscando identificar alguns aspectos destacados no 'Manuscrito de 1929' que nos permitam lançar alguma luz sobre seu processo de criação. Adotamos esse recurso estilístico inspirados numa metáfora bastante verossímil que compara o percurso de leitura deste 'projeto de texto' a um passeio pelas diferentes versões de *Guernica* de Picasso, como se pudéssemos observar no manuscrito os detalhes da obra (Pino, 2000, p. 46). Paralelamente às aproximações entre o manuscrito e os textos seminais, analisamos algumas questões atuais sobre a educação em ciências e sobre o uso das tecnologias da informação e comunicação em situações de ensino.

### Do método inverso.

Um traço indiscutível do ‘Manuscrito de 1929’ é sua referência explícita, em diversas passagens, às idéias de Marx e Engels. De fato, no que diz respeito aos princípios metodológicos expostos no primeiro capítulo de ‘O significado histórico da crise da psicologia’, os fragmentos das idéias marxista-engelianas sobre o método inverso continuam presentes no manuscrito. Nesta parte da obra, Vigotski critica o papel protagonista conferido à psicologia animal pelas escolas comportamentalista e reflexiológica que, segundo ele, se apóiam em dois argumentos: consideram que a psicologia animal constituiu o ponto de partida da análise objetiva (empírica) do psíquico e que ela é uma ciência de raiz biológica. Esses dois argumentos são refutados com base no princípio do método inverso, pelo qual se advoga a ‘compreensão das conjecturas sobre a existência de uma consciência elevada em espécies inferiores se já sabemos previamente em que consiste o mais elevado’ (Marx e Engels, citados por Vigotski, 1991, p. 261). A análise marxista-engeliana, que se dá com base na comparação das relações de produção do capitalismo e do feudalismo, é extrapolada por Vigotski para o plano do desenvolvimento psíquico, que considera legítimo, do ponto de vista metodológico, estudar as formas rudimentares de pensamento e linguagem nos animais a partir das formas evoluídas do pensamento e da linguagem no ser humano.

Após comentar as afirmações de Marx sobre o *obrok* – sistema tributário existente na Rússia durante o regime de servidão – e o sistema tributário feudal, Vigotski é taxativo em afirmar a transferência do princípio metodológico da economia para os estudos do desenvolvimento humano:

“Compreender o *obrok* a partir da renda e a forma feudal a partir da burguesa: é exatamente o mesmo procedimento metodológico mediante o qual compreendemos e definimos o pensamento e os rudimentos da linguagem nos animais, a partir do pensamento evoluído e da linguagem do homem. Somente podemos compreender cabalmente uma determinada etapa no processo de desenvolvimento – ou inclusive o próprio processo – se conhecemos o resultado ao qual se dirige esse desenvolvimento, a forma final adotada e a maneira que o faz. Trata-se unicamente, por suposto, de transferir em um plano metodológico categorias e conceitos

fundamentais do superior ao inferior e não de extrapolar sem mais observações e generalizações empíricas” (1991, p. 262).

Vale destacar do extrato acima que Vigotski refuta extrapolações e generalizações empíricas de um plano para o outro. Não se trata portanto de comparações ingênuas, sem lastro de conteúdo. O argumento de Vigotski para adotar essa tese marxista-engeliana é baseado no princípio de a forma superior ser aquela que confere sentido a cada etapa particular do processo de desenvolvimento. Este é um argumento bastante sólido do ponto de vista hermenêutico, mas é preciso estar atento para o modo de transpô-lo para a sala de aula. Parece-nos que além das categorias e conceitos fundamentais da forma de pensamento superior, devemos nos ocupar também sobre *como* criar procedimentos para essa transferência.

Há, no entanto, um outro aspecto do método inverso a ser considerado, que é discutido por Vigotski mais próximo do final da análise da crise por que passa a psicologia de sua época. Segundo ele, o estudo ‘Psicologia da arte’, realizado a partir da análise da reação estética, apoiou-se nos elementos gerais da forma e do material inerente a toda arte, ainda que tenha tomado como objeto uma única fábula e uma única tragédia. Tal estudo pressupôs fazer abstrações dos traços concretos da fábula e da tragédia, que foram selecionadas de modo a permiti-lo se concentrar nos elementos essenciais da reação estética (Vigotski, 1991, p. 374-375). Portanto, a partir de um par de casos de gêneros literários e de algumas de suas particularidades, produziu-se uma generalização a cerca dos processos mentais envolvidos na reação estética para todas as formas de arte, tendo como pressuposto que as formas superiores são a chave para estudar as formas menos desenvolvidas. Essa aproximação é possível tendo em conta um outro princípio metodológico marxista relacionado àquilo que se tem chamado de unidade de análise, ou a célula viva capaz de nos informar sobre o todo de um sistema.

Neste ponto, gostaríamos de demarcar que a interpretação de Vigotski sobre esta especificidade metodológica do marxismo – apesar de ser encontrada em diversos textos, como por exemplo, na introdução de ‘Pensamento e Linguagem’ quando ele desenvolve a analogia da unidade de análise com a

molécula de água e seus elementos constituintes – está bastante bem desenvolvida quando ele se refere ao método inverso: ‘Marx analisa a ‘célula’ da sociedade burguesa – a forma de valor da mercadoria – e mostra que é mais fácil estudar o organismo desenvolvido que a célula. Nesta, lê a estrutura de toda construção e de todas as formas econômicas.’<sup>1</sup> (ibidem, p. 376). Portanto, a compreensão do todo não se dá na análise da unidade, ou da parte representativa do todo, mas se dá pela análise do todo por meio da unidade. Entendemos que a unidade, como um tipo de generalização, pode ser empregada como instrumento analítico para a compreensão do todo, o que nos impele, portanto, a compreender a sala de aula como uma realidade multifacetada, quando nos propomos a investigar a construção de significados.

Uma dificuldade introduzida por esse tipo de procedimento analítico é distanciar-se de tal forma do objeto concreto, representante dos elementos gerais da forma e do conteúdo, que o pesquisador se veja impedido de estabelecer as ligações essenciais entre o geral e o particular, ou porque as características do objeto saem do seu campo de atenção ou porque as manifestações dos elementos gerais no objeto estejam borradas. Como proceder com esse princípio para analisar as situações de sala de aula? Haveria sinais manifestos, por exemplo, nas interações sociais que evidenciassem traços gerais da forma e do conteúdo, ou talvez ainda da variação de sentido nas interações? Qual seria a relação desses traços gerais com a estrutura, o propósito e o interesse das ações em curso? O vigor do método inverso com certeza está diretamente relacionado à delimitação do problema de pesquisa e às questões que se quer investigar. Acreditamos ser necessário introduzir formas superiores de pensamento por meio de conceitos estruturadores do conhecimento químico e de modos de interação ativa que nos permitam estudar os processos de desenvolvimento do pensamento nas situações de uso do computador. Neste sentido, nossas situações de investigação estão orientadas para responder questões desta natureza, de modo a interpretar os elementos gerais da forma e do conteúdo desses pensamentos, ainda que tomemos como objeto algumas situações determinadas.

---

<sup>1</sup> No trecho extraído do livro de anotações de Vigotski por Cole e Scribner (Apud Wertsch, 1985b, p. 6) a seqüência ‘e mostra que é mais fácil estudar o organismo desenvolvido que a célula’ está ausente.

### Da dupla mediação.

Passemos a analisar um outro princípio importante que se destaca do 'Manuscrito de 1929'. Uma das contribuições mais criativas da curta carreira científica de Vigotski foi a audaciosa proposição de que pensamento e linguagem formam relações dialéticas com a organização e realização das atividades humanas, o que se considera como a influência marxista-engeliana mais forte em sua obra. Sua hipótese relacionou a máxima da função mediadora dos instrumentos nas atividades produtivas à natureza mediada de um rol ampliado de atividades humanas, entre as quais se incluem as funções mentais superiores. Vigotski propõe a existência de vínculos genéticos entre as formas de trabalho, que são essencialmente mediadas por instrumentos, e o desenvolvimento das formas de comunicação, que são essencialmente mediadas por palavras e outros signos. Ao longo deste desenvolvimento, as formas de comunicação servem ao duplo propósito de regular as relações sociais que se estabelecem nas situações de trabalho e de organizar os processos instrumentais pelos quais se realizam as atividades de trabalho.

No caso das relações sociais que se firmam para realizar trabalho, as formas de comunicação servem para designar os papéis dos sujeitos e neste sentido ditam suas posições relativas durante a execução da atividade. Uma ordem ou uma concessão são expressas por palavras ou gestos de um sujeito detentor dessas prerrogativas, que usa formas de comunicação típicas para afirmar sua posição social. O encadeamento e a ordem das ações executadas pelos sujeitos durante a atividade de trabalho são também determinados por fatores temporais e espaciais que se acham incorporados às formas de comunicação. Já a organização e realização das atividades práticas são determinadas pelas propriedades dos instrumentos materiais que se tem à disposição. Quando vislumbramos as formas de produção de texto por meio de lápis e papel e por meio do teclado e da tela, reconhecemos, além das diferenças de composição dos instrumentos da atividade, diferenças estruturais na maneira

de organizar e regular essa atividade, como por exemplo, a inserção e exclusão de palavras, a inclusão de comentários e notas, a busca por termos já escritos etc.. Assim, podemos dizer que as formas de comunicação desempenham funções reguladora e organizadora nas relações sociais, assim como os instrumentos de trabalho também detêm essas funções na realização das atividades práticas. A equiparação das funções desempenhadas pela palavra na comunicação e pelos instrumentos na atividade prática é a premissa que sustenta a tese da existência de vínculos genéticos entre os processos de produção simbólica e material.

Esta é, no entanto, uma tese marxista que interpreta a história da humanidade e, portanto, as formas de organização social estabelecidas em diferentes tempos históricos. A contribuição original de Vigotski está em transpor essa tese do desenvolvimento humano da perspectiva do materialismo histórico para a perspectiva do sujeito na sua própria história de vida, ou seja, na ontogênese. Para justificar essa hipótese forte, Vigotski tinha em mente uma outra noção de história, além da perspectiva do materialismo histórico, que é a 'abordagem dialética geral das coisas', conforme ele explicita na nota introdutória do 'Manuscrito de 1929'. A dialética, entendida como um método, engendra, por meio de sínteses abstratas da realidade objetiva, um movimento de produção de conhecimento, que na proposição marxista nos leva a compreender as múltiplas determinações da realidade objetiva. Na perspectiva vigotskiana, ambas as noções de história, o materialismo histórico e o materialismo dialético, estão unidas (síntese) no psiquismo humano (Vigotski, 2000, p. 23). Este é um dos fundamentos do pensamento vigotskiano.

Como ocorre então esta síntese de uma e outra noção de história nas contribuições de Vigotski? A tese central está no texto 'História do desenvolvimento das funções mentais superiores' (Vigotski, 1995), escrito em 1931 e que veio a público somente no início da década 60<sup>2</sup>. A idéia se desenvolve a partir do princípio geral de que uma conduta inicialmente exerce influência sobre

---

<sup>2</sup> Várias passagens do manuscrito indicam que este texto foi provavelmente produzido a partir daquelas anotações, conforme já observara Puzirei (Vigotski, 2000, p. 22). Em nossa discussão, nos basearemos no capítulo 'The genesis of higher mental functions' (Vigotski, 1981a).

os outros e depois passa a exercer influência sobre o próprio sujeito. O exemplo citado no manuscrito é o gesto indicativo que, a partir de um gesto mal sucedido de agarrar o objeto – direcionado ao objeto –, evolui para o gesto de apontar para chamar a atenção da mãe – direcionado para o outro – e finalmente é utilizado pela própria criança para indicar – direcionado para si. Assim, Vigotski sentencia que qualquer função no desenvolvimento cultural da criança aparece em cena duas vezes: primeiro no plano social, depois no plano psicológico; primeiro entre as pessoas, depois, dentro da criança. O sujeito se constitui nas interações sociais com outros sujeitos, interações essas que são determinadas por fatores históricos e culturais e que são mediadas por instrumentos construídos a partir de sínteses abstratas da realidade objetiva.

Há várias implicações desta síntese das noções de história em Vigotski para o desenvolvimento cultural do ser humano que nos interessam para investigar as situações de sala de aula. Antes de seguir adiante, é importante destacar dois pontos que estão visíveis tanto no manuscrito quanto no texto sobre desenvolvimento das funções mentais e que nos ensinam sobre as influências de outros interlocutores no pensamento de Vigotski. A idéia de que a criança usa as mesmas formas de comportamento para com ela mesma que aquelas usadas por outros para com ela já havia sido sugerida por Janet (Vigotski, 1981a, p. 157). No manuscrito, a referência a Janet aparece com a citação de um livro que, no entanto, não foi identificado. Essa influência parece repercutir em toda a segunda parte do texto quando Vigotski chancela como ‘indisputavelmente correto’ o método de pesquisa proposto pelo francês (ibidem, p. 159). Assim como Janet, Piaget também é citado em várias passagens do manuscrito e do texto, principalmente quando Vigotski se refere à discussão como atividade social vinculada ao pensamento verbal. O segundo aspecto que evidencia a amplitude da interlocução de Vigotski é sua crítica aos seguidores do ‘pré-formismo’ ou daqueles que advogavam pela determinação dos fatores biológicos da filogênese sobre a ontogênese, cuja conseqüência seria interpretar o desenvolvimento humano baseando-se no modelo de desenvolvimento embrionário. A primeira parte do texto sobre a gênese das funções mentais é dedicada a refutar essa

aproximação lançando mão de argumentos evolucionistas. É fato, portanto, que Vigotski participava de um amplo debate em torno dos rumos da psicologia que transbordou a construção do Estado Soviético.

#### Da lei genética geral do desenvolvimento cultural.

A primeira implicação da síntese dos princípios histórico e dialético do materialismo marxista-engeliano para a psicologia vigotskiana foi a proposição da lei genética geral do desenvolvimento cultural: ‘Qualquer função no desenvolvimento cultural da criança aparece duas vezes. Primeiro ela aparece no plano social, e então no plano psicológico. Primeiro ela aparece entre as pessoas como uma categoria interpsicológica, e então dentro da criança como uma categoria intrapsicológica’ (Vigotski, 1981a, p. 163). As funções explicitamente citadas neste texto são atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos e volição.

É evidente a coerência entre essa lei e as idéias de Janet e Piaget referidas acima. No entanto, os princípios adotados por Vigotski na proposição da lei genética geral estão completamente impregnados da fundamentação materialista. A extensão da idéia de mente para o que é externo, além de evidenciar uma autêntica ruptura com as escolas psicológicas da época, está assentada no social, conceito que engloba a noção de cultura enquanto produto da vida social e da atividade social humana<sup>3</sup>. Assim, na concepção vigotskiana, a proposição de uma lei que interpreta o desenvolvimento cultural deve incluir necessariamente o plano social. E aqui é indispensável ter em mente que o social não se opõe ao indivíduo, mas ao natural, ao biológico e essa oposição deve ser entendida na perspectiva de um pensamento dialético e não dualista, ou seja, que o desenvolvimento cultural, por ser um processo histórico, não prescinde do biológico, não o elimina, mas supera-o, transforma-o para que seja agregado à ontogênese. Após sublinhar o conceito de social nesta perspectiva humana, Vigotski parafraseia Marx – o que também aparece indicado no manuscrito – afirmando que a história do

---

<sup>3</sup> Uma discussão arguta sobre os conceitos de social e de cultural na obra de Vigotski pode ser vista em Pino (2000).

desenvolvimento cultural nos leva à tese de que ‘a natureza da psicologia humana representa o agregado de relações sociais internalizadas que tornaram-se funções para o indivíduo e formas de sua estrutura’ (ibidem, p. 164). Este é outro fundamento do pensamento vigotskiano. Temos uma saída pelas relações sociais e outra pela internalização. Sigamos pela ordem.

Para aprofundarmos o entendimento sobre o papel do social na formação das funções mentais superiores, vamos voltar a examinar o exemplo da criança que inicialmente tenta agarrar e depois passa a indicar um objeto. Neste percurso, a função externa de agarrar é no início determinada pelo sentido produzido pelo objeto na criança. Esta função é de fundo natural, ou seja, surge para satisfazer demandas do seu organismo biológico. Na medida em que a criança é auxiliada por um interlocutor para satisfazer sua demanda, esta função já não mais se dirige exclusivamente pelo sentido produzido pelo objeto, mas ganha um outro fator de orientação, que é justamente sensibilizar o interlocutor, a mãe nesse caso. A alteração da função, que é fruto da mudança de propósito na interação estabelecida com o interlocutor, é acompanhada por transformações na própria estrutura do movimento, ou seja, de agarrar a indicar, o movimento se torna reduzido e abreviado. Enquanto não se transformar em gesto de indicação para o outro, ou seja, enquanto não for compreendida como indicação pelo interlocutor, a função indicativa não será compreendida como indicação para si, para a criança nesse caso. Aqui, está a determinação do social sobre a função mental que não elimina a função biológica, mas supera-a, transformando-a sob a influência do sentido que se produz na interação social. Portanto, de uma determinação orientada pela situação objetiva, impulsionada por alguma função elementar de fundo biológico, como por exemplo, a sede, e também pelas características do objeto, a função passa pela determinação do sentido produzido no outro, orientada assim pelas relações sociais que se estabelecem entre os interlocutores, para somente então ganhar o status de função interna. É este o sentido da afirmação de Vigotski, ‘o indivíduo se desenvolve no que ele é através daquilo que ele produz para os outros’ (ibidem, 162), que justifica o fato de, a partir dessa

proposição, estarmos lidando com a relação entre funções mentais externas e internas.

Se há a prevalência do sentido produzido no outro sobre a gênese das funções internas, cabe perguntar o que há de particular nas interações sociais que possa interpretar os fenômenos observados na ontogênese. Para responder essa questão, Vigotski utiliza uma fundamentação teórica e empírica já bem estabelecida, a doutrina dos reflexos condicionados. Esta admite dois estágios no curso do desenvolvimento geral. O primeiro de caráter instintivo, atinente aos reflexos não condicionados, seria relacionado às funções inatas ou hereditárias; o segundo de caráter estimulado, atinente aos reflexos condicionados, seria adquirido na experiência individual, que no caso dos animais corresponde ao estágio de treinamento. Em lugar de admitir apenas dois estágios de desenvolvimento, Vigotski sugere a existência de pelo menos mais um estágio, relacionado às funções intelectuais. Na falta de um conhecimento mais profundo sobre o funcionamento cerebral, o argumento utilizado para sustentar a hipótese de um terceiro estágio é de fundo totalmente empírico, conforme apresentado em 'A gênese das funções mentais superiores'. Experimentos sobre funções de seleção, com e sem a presença de signos mnemônicos externos, demonstraram que a criança cria seus próprios signos quando ela é estimulada a usar conexões já estabelecidas entre esses signos e sua experiência prévia, o que foi interpretado como domínio sobre o estímulo. Este processo quando levado adiante, permite a criança descartar os signos externos, o que foi interpretado como se ela os tivesse internalizado (Vigotski 1981a, 176-183). A gênese da função mental é, portanto, um processo mediado por signos que ocorre no sentido da sua internalização, contribuição relevante de seu pensamento realizada em situações experimentais controladas.

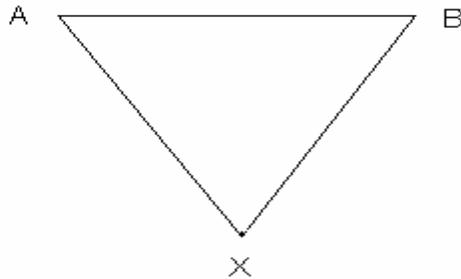
Esta é outra importante implicação do materialismo histórico e dialético para os estudos da sala de aula, particularmente quando o computador está presente tendo em vista suas propriedades inusitadas de produção e veiculação semiótica. Imaginemos uma situação de estudo sobre o ciclo da água na qual seja permitido ao aluno acessar na tradicional ilustração esquemática, animações, infogramas,

tabelas, gráficos ou vídeos relativos aos processos de mudança de estados de agregação, percolação pelo solo, dissolução de materiais etc. Tanto a diversidade, como a combinação dessas formas de representação devem contribuir originalmente para a significação, fundamentalmente quando esse aluno tiver à sua disposição ferramentas computacionais que lhe permita expressar-se por meio delas. Por reconhecermos o inusitado na produção e veiculação semiótica por meio do computador, devemos agora nos voltar para o importante conceito de mediação semiótica.

### Da mediação semiótica.

A assertiva sobre a gênese das funções mentais superiores ser um processo mediado por signos encontra-se em diversos textos de Vigotski. Além de apresentá-la a partir da discussão superficial de experimentos em 'A gênese das funções mentais superiores', ele o faz em 'A construção do pensamento e da linguagem' onde o desenho experimental e os resultados de estudos sobre o desenvolvimento de conceitos na infância são extensamente tratados no quinto capítulo, que também integra 'A psicologia do adolescente' (Vigotski, 1996). Examinemos, pela ordem, a noção de processo mediado por signos.

Não resta dúvida que Vigotski tenha se inspirado no modelo estímulo-resposta da reflexologia, conforme atesta sua discussão sobre a metáfora da telefonista no 'Manuscrito de 1929', na qual ele critica Pavlov por este ter interpretado o sistema nervoso a partir do funcionamento do telefone. Distintamente de Pavlov, ele considerou a atividade do trabalho como fator inerente ao comportamento humano para modificar o modelo de estímulo-resposta e com isso inserir formas sociais de regulação para interpretar a atividade cerebral, a conduta e a própria formação da personalidade. Ali, torna-se visível a preocupação de Vigotski em conferir uma fundamentação neurológica para sua teoria do desenvolvimento cultural do ser humano. Ela se faz evidente no esquema triangular utilizado por ele no texto 'O método instrumental na psicologia' (Vigotski, 1981b):



Neste texto, divulgado inicialmente em uma palestra para a Academia Comunista de Educação no ano de 1930, Vigotski confere status de *ferramenta psicológica* à linguagem de modo geral, à escrita, esquemas, mapas, diagramas, enfim todo tipo de signos convencionais, que no esquema triangular acima estão representados pelo termo X. A idéia é que a ferramenta psicológica estabeleça conexões (A-X, B-X) com os estímulos (A e B), as quais produzem um caminho diferente para a função psicológica. No entanto, Vigotski sugere que cada conexão com a ferramenta psicológica é um tipo de reflexo condicionado, ou seja, está determinada pelas propriedades do tecido cerebral. Nas palavras de Vigotski, ‘o novo [do ato instrumental] é a direção artificial que o instrumento psicológico imprime ao processo natural de fechamento da conexão condicionada, ou seja, a utilização ativa das propriedades naturais do tecido cerebral’ (1981b, p. 138).

Se na atividade neurológica, o objeto exerce um estímulo de primeira ordem relacionado à função de sinalização, comum a todos os animais, Vigotski sugere, em acordo com Pavlov, que a ferramenta psicológica exerce uma função de estímulo diferente daquela exercida pelo objeto, ou seja, um estímulo de segunda ordem relacionado à função de significação. Assim, a ferramenta psicológica torna-se centro estrutural do ato instrumental, ou seja, o elemento que determina funcionalmente todos os processos que formam o ato instrumental. O argumento para essa proposição é o surgimento de novas funções associadas ao uso e ao controle da ferramenta que, por sua vez, eliminam ou tornam desnecessários

diversos processos naturais e alteram o curso e as características (intensidade, duração, seqüência etc.) de todos os processos mentais, que tomam parte da composição do ato instrumental. Em outras palavras, a ferramenta psicológica recria e reorganiza toda a estrutura do comportamento, assim como o instrumento técnico recria completamente a estrutura das operações do trabalho (ibidem, p. 139-140). Nesta passagem, observa-se novamente a comparação com a tese marxista-engeliana sobre a centralidade do instrumento na organização do trabalho, o que estende a proposição original de Pavlov. Portanto, as interações do ser humano no ambiente social, diferentemente de outros animais, são *duplamente mediadas*, por instrumentos e por signos.

Compreender o processo de significação como ato instrumental deve considerar o que se passa com a palavra, unidade de análise da linguagem e da psicologia, no plano sócio-psicológico para estudar o desenvolvimento da espécie, da cultura e do sujeito. Continuemos pelo caminho da significação transposto para a noção de conceito.

Tradicionalmente, o debate sobre a formação de conceitos no pensamento de Vigotski tem sido realizado em torno da última obra produzida em vida por ele, 'Pensamento e Linguagem', cujo texto integral foi traduzido para o português do Brasil com o título 'A construção do pensamento e da linguagem' (Vigotski, 2001). Aqui, adotamos o caminho alternativo de agregar à análise o texto 'A psicologia do adolescente' por entendermos que é no estudo da fase de transição que encontramos diversos paralelos com nossos problemas de pesquisa que se localizam nessa faixa etária. Além disso, a própria elaboração deste texto está diretamente vinculada a 'Pensamento e Linguagem'. Vigotski extrai daquele texto produzido entre 1930 e 1931 toda a discussão sobre a investigação experimental do desenvolvimento de conceitos e o inclui no quinto capítulo de 'Pensamento e Linguagem' que é concluído em 1934. Uma outra motivação para analisá-lo como parte da vida intelectual de Vigotski é o fato deste texto ter tomado parte em uma

série de manuais produzidos para centros de ensino a distância para formação de professores<sup>4</sup>.

O capítulo 'O desenvolvimento do pensamento do adolescente e a formação de conceitos' é o mais extenso, inclui originalmente o estudo experimental sobre desenvolvimento de conceitos e por estas razões é onde encontramos as principais idéias de Vigotski sobre a formação de conceitos. Nas seções iniciais, Vigotski trata de desatrelar as linhas de desenvolvimento natural e cultural, conforme já expusemos acima. Desta feita, porém, a crítica centra-se na tese de que conteúdo e forma de pensamento se desenvolvem separadamente, isto porque os psicólogos idealistas não reconheciam diferenças substanciais entre as naturezas do pensamento infantil e do adolescente. Ele se refere ao conteúdo do pensamento como uma magnitude social e historicamente condicionada, que é atinente ao campo das idéias. Já, as formas de pensamento são relativas às atividades mentais. Referindo-se às investigações que serão apresentadas mais adiante, Vigotski resume sua posição, evocando uma outra premissa fundamental para o desenvolvimento do pensamento:

“De fato, toda investigação realmente profunda nos ensina a reconhecer a unidade e indissolubilidade da forma e do conteúdo, da estrutura e da função, nos ensina que cada passo novo no desenvolvimento do conteúdo do pensamento está inseparavelmente unido também com a aquisição de novos mecanismos de conduta, com o passo a uma etapa superior de operações intelectuais” (Vigotski 1996, p. 54).

Para Vigotski, um conteúdo novo não pode surgir sem formas novas de pensamento porque na sua perspectiva conteúdo e forma são pares dialéticos, da mesma forma que estrutura e função também o são. Ao mencionar o pensamento por conceitos, Vigotski o toma como uma nova forma de atividade intelectual, um novo modo de conduta, um novo mecanismo intelectual, que se diferencia de outras atividades por ser uma função com estrutura e composição próprias. Na adolescência, a passagem ao pensamento por conceitos está vinculada à inserção

---

<sup>4</sup> Estas informações constam da primeira nota à edição russa traduzida para o castelhano (Vigotski, 1996, p. 43). O acesso ao material completo, que inclui plano de estudos e lista de literatura recomendada, seria uma ótima oportunidade para sabermos sobre a atuação de Vigotski em programas de formação de professores e como ele teria lidado com a produção de material de apoio para cursos não presenciais.

do sujeito no mundo da consciência social objetiva, no mundo das ideologias sociais, como ciência, arte, religião e outras esferas ideológicas, cujas correspondências com a realidade objetiva se desenvolvem por meio de sínteses abstratas peculiares, ou seja, por meio de sistemas conceituais construídos historicamente. Portanto, os fatores orientadores das transformações de forma e conteúdo do pensamento do adolescente são de natureza social, ou seja, a inserção do adolescente em esferas ideológicas, que lhe permite interagir com o outro, com a realidade objetiva e adquirir novos mecanismos de conduta, é a responsável por colocá-lo na arena das relações sociais onde o pensamento por conceitos é o fator estrutural das atividades. Assim, nesta perspectiva histórica e dialética, não é possível conceber forma e conteúdo de pensamento como sendo desvinculados.

À guisa de preparar sua exposição sobre os estudos experimentais de desenvolvimento de conceitos, Vigotski, mencionando explicitamente as formas de pensamento lógico-verbal típicas das ciências naturais e sociais, sugere que a formação de conceitos é justamente o núcleo fundamental que aglutina todas as mudanças que se produzem no pensamento do adolescente (Vigotski, 1996, p. 59). Assim, sua investigação parte da crítica às limitações dos estudos realizados por Ach e Rimat, que apesar de terem contribuído para refutar a interpretação associacionista da formação de conceitos, invocam fatores como o objetivo da tarefa e as necessidades criadas nas situações de resolução de problemas que revelariam o caráter teleológico desses estudos.

O método proposto por Vigotski consiste em adaptar os métodos daqueles pesquisadores no sentido de examinar os fatores relacionados à função mediadora exercida pela palavra no processo de formação de conceitos. Em lugar de impelir a criança a memorizar palavras sem ter recebido nenhuma tarefa no início da atividade, as palavras são introduzidas paulatinamente, à medida em que a criança classifica objetos (blocos) de formas, tamanhos e cores distintas. Neste caso, o sistema de classificação é construído em função das propriedades dos objetos e das denominações criadas por Sákharov, colaborador de Vigotski, para designar esses objetos. O problema a ser resolvido pela criança está em separar

objetos com a mesma designação, e para isso ela deve reconhecer nas propriedades desses objetos o centro de nucleação conceitual das palavras. Portanto, a palavra é o meio utilizado pela criança para resolver o problema, classificar os objetos, cuja centralidade no processo de formação de conceitos é a hipótese de trabalho de Vigotski.

#### Das fases do desenvolvimento conceitual.

A partir de suas observações e de um amplo debate com seus pares, Vigotski propôs a ocorrência de três fases distintas para interpretar o processo de formação de conceitos, o pensamento sincrético, o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos, cada uma delas subdivididas em distintas tipologias. Apesar desse processo se iniciar na mais precoce infância, somente na adolescência, ele foi capaz de verificar a combinação original de funções intelectuais características que constitui a base psicológica do pensamento conceitual, que se dá por meio do emprego funcional da palavra para orientar deliberadamente a atenção, a abstração, a seleção de atributos e de sua síntese e simbolização com o auxílio do signo. Estas fases, no entanto, não são consideradas excludentes entre si, ou seja, a ocorrência de pensamento por conceitos não elimina a possibilidade de os complexos serem base para as atividades mentais de adolescentes e mesmo de adultos. Ao estudar os conceitos em ações destituídas da concretude dos objetos, ele observou adolescentes enumerarem objetos materiais para definir uma palavra que já fora usada como conceito em outras ações concretas. Esta é tipicamente uma das formas do pensamento por complexos. Para ele, a oscilação entre pensamento por complexos e por conceitos é um comportamento característico dos adolescentes, (Vigotski, 1993, p. 172).

É preciso considerar que uma das intenções de Vigotski no estudo experimental do desenvolvimento de conceitos era refutar a tese da psicologia idealista que propugnava a semelhança entre as naturezas do pensamento infantil e do adolescente. Para tal, ele sugere a existência de uma categoria denominada

*pseudoconceito* que, sendo resultado da assimilação da linguagem dos adultos, é confundida por aqueles com o conceito. Assim, o pseudoconceito, em razão de as interações entre crianças e adultos serem mediadas pela comunicação verbal, assemelha-se ao conceito na sua manifestação externa, mas possui estrutura e função internas típicas do pensamento por complexo. Adicionada à oscilação do comportamento do adolescente entre o pensamento por complexos e por conceitos, fruto de como ele usa a palavra, esta categoria revela a centralidade da comunicação verbal nos estudos de Vigotski sobre o desenvolvimento de conceitos, que toma a palavra e suas funções na situação experimental como as responsáveis pelas interpretações equivocadas de seus oponentes.

Esta é uma questão de inflexão extremamente importante na teoria de Vigotski exatamente por nos remeter a uma aparente contradição entre o desenvolvimento precoce da compreensão verbal em relação ao desenvolvimento tardio do conceito. Não nos parece que Vigotski tenha dado uma resposta de todo satisfatória para a questão quando lida com o conceito de internalização, conforme já destacaram Zinchenko (1995) e Wertsch (1998). Voltaremos a tratar especificamente da internalização, quando discutirmos a teoria da ação mediada. Por hora, é desejável saber qual seria a origem dessa contradição aparente, aos olhos da psicologia idealista, entre as manifestações interna, como pensamento por complexo, e externa, como conceito, e como ela seria interpretada com base nos princípios do materialismo histórico e dialético.

A resposta demonstra o vigor do pensamento vigotskiano e aqui é possível verificar um vínculo explícito com as idéias marxistas já estabelecidas no ‘Manuscrito de 1929’ e aprofundadas em ‘A gênese das funções mentais superiores’:

“Esta situação singular consiste em que na realidade a criança começa a operar com conceitos e a utilizá-los na prática antes de ter consciência deles. Os conceitos ‘em si mesmos’ e ‘para os outros’ se desenvolvem na criança antes que ‘para si mesma’. O conceito ‘em si mesmo’ e ‘para os

outros', já contido no pseudoconceito, é a principal premissa genética para o desenvolvimento do verdadeiro conceito". (Vigotski, 1993, p. 151-152)<sup>5</sup>.

Inicialmente, cabe observar nesta passagem o fato de a premissa genética para o desenvolvimento do verdadeiro conceito ser a mesma que propugna que qualquer função psicológica superior foi externa, foi social, ou seja, antes de se tornar função psicológica superior, ela foi uma relação social entre pessoas (Vigotski, 2000, p. 24). Portanto, o pseudoconceito já traz nas suas funções mentais constitutivas as relações sociais externas, o que se torna visível pela forma como a palavra é empregada nas situações experimentais. Assim, esta categoria diz respeito, pelo menos parcialmente, ao processo de internalização das relações sociais.

O pseudoconceito, sendo um elo entre o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos, é interpretado a partir da lei genética geral do desenvolvimento cultural e é a ela que Vigotski se refere no extrato acima. Este é o vigor do pensamento vigotskiano que, ao refutar a hipótese da semelhança entre as naturezas do pensamento da criança e do adulto para interpretar a equivalência funcional de certas palavras no ato da comunicação verbal, lança mão de uma hipótese materialista central, que se torna passível de refutação. Esta hipótese se refere à transformação da função comunicativa, externa, da palavra em função significativa, interna, do pensamento.

A aparência entre as formas de emprego da palavra, resultado da necessidade de compreensão mútua entre a criança e o adulto, é devido à coincidência entre os referentes designados por uma mesma palavra. No entanto, os significados desta palavra são distintos para a criança e para o adulto, pois as operações mentais são diferentes. As palavras coincidem em sua função nominativa, designando o mesmo referente, mas os caminhos como criança e adulto chegam à nomeação são distintos, ou seja, a combinação de funções mentais é distinta em cada caso. Para sustentar sua argumentação, Vigotski estabelece uma analogia entre esses modos de designação de um objeto que

---

<sup>5</sup> Nossa opção pela tradução castelhana se justifica pela utilização do termo 'consciência' que é substituído por 'assimilar' na versão em português.

coincidem no termo empregado, mas não nas operações mentais, e a existência de sinônimos nas línguas que se referem ao mesmo objeto, porém com sentidos distintos (Vigotski, 1993, p. 159-163). A semelhança entre os processos de desenvolvimento, mental e lingüístico, está no fato de que para as palavras coincidirem em seu referente é necessário que designem o mesmo objeto, o que ocorre segundo diferentes caminhos tanto na formação de complexos, como na criação de palavras sinônimas. Mas a comparação não termina aí.

É interessante verificar a aproximação que se estabelece entre o surgimento de termos para designar determinados objetos na evolução da língua e o processo de associação por contigüidade ou por semelhança na formação dos complexos na criança. Vigotski considera que não existem vínculos lógicos na transferência de termos a objetos novos, nem na evolução da língua, nem na formação de complexos. A essência dessas transferências de termos é que a função desempenhada pela palavra não se presta a atribuir sentido, mas sim a indicar, nomear o objeto. Dito, por Vigotski, de outro modo, 'a palavra não é neste caso o signo do significado relacionado com ele na ação do pensamento, mas é signo sensorial do objeto, ligado associativamente a outra percepção'<sup>6</sup> (ibidem, p. 162). Para interpretarmos essa passagem, que à primeira vista parece confusa, é necessário considerar com mais vagar as noções de lógica e de significado.

Os vínculos lógicos dizem respeito às relações causais que se estabelecem entre os objetos através de uma propriedade, que no limite serviriam tanto para classificá-los em um conjunto, como para justificar seu pertencimento ou não ao conjunto. Na situação do experimento com os blocos de forma, tamanho e cor diferentes<sup>7</sup>, quando, por exemplo, se questiona a criança sobre a presença de um bloco vermelho em um conjunto de blocos vermelhos, em razão de este bloco não ter a mesma designação do bloco de amostra, a criança no estágio de pseudoconceito não se dá conta da inconsistência do critério cor, que ela mesma adotou para formar o conjunto, e continua admitindo ser a cor vermelha a razão

---

<sup>6</sup> Na tradução brasileira lê-se: 'aqui a palavra não é lei de algum sentido a que esteja ligada no ato de pensamento, mas um dado sensorial do objeto, ligado por via associativa a outra coisa sensorialmente percebida' (Vigotski 2001, p. 215).

<sup>7</sup> É importante notar que as palavras utilizadas no experimento para designar os objetos não têm correspondência com as categorias (tamanho, forma, cor), nem com as propriedades (comprido, quadrado, amarelo). Os resultados do experimento estão descritos em Wertsch (1985a, p. 105-106)

para os outros blocos formarem o agrupamento, mesmo após aquele bloco vermelho ser descartado por não coincidir com a denominação do objeto da amostra. Neste caso, a palavra utilizada no experimento para designar os objetos tem função nominativa de acordo com vínculos associativos formados pela aparência dos objetos. Já a criança na fase de pensamento por conceitos, quando questionada da mesma maneira, se dá conta de não ser a cor o critério de classificação e passa a buscar outra relação causal para organizar os objetos. Aqui, a palavra utilizada no experimento, além de nomear os objetos, é também uma ferramenta para regular as operações mentais desencadeadas durante a classificação dos objetos de acordo com vínculos causais que se estabelecem.

Na fase de pseudoconceito, o pensamento da criança serve para agrupar determinados elementos isolados a partir de relações de máxima semelhança entre os objetos concretos, mas prescindindo da função discriminativa, de isolamento desses elementos que permita separá-los dos vínculos concretos estabelecidos com o objeto durante a experiência. Já na fase do pensamento por conceitos, é a abstração a função que se desenvolve e que se manifesta inicialmente considerando as relações de máxima semelhança entre os objetos. Nesta fase, a relação de semelhança por não ser acabada leva a criança a dirigir sua atenção para aquele traço que mais se aproxima do modelo, isolando-o dos outros traços que permanecem na periferia da atenção. É seguro dizer que o meio social, as relações ali estabelecidas são cenário dessa fase do processo genético e, portanto, essas relações sociais influenciam o direcionamento da atenção. É neste sentido que, em um estágio inicial, o pensamento por conceitos adquire funções de agrupamento ou síntese, e isolamento ou abstração, ou seja, se configura em uma *generalização*, que é, ao mesmo tempo, mais rica que o pseudoconceito – porque seleciona o essencial do conjunto de atributos – e mais pobre que o pseudoconceito – porque as conexões agora se limitam a uma relação de semelhança. (Vigotski, 1993, p. 165-166).

Há um outro aspecto que não pudemos verificar explicitamente nas contribuições de Vigotski para o estudo das fases de desenvolvimento conceitual. Parece-nos importante identificar a influência dos critérios de valor adotados

historicamente pelos grupos sociais que privilegiam a atenção dos sujeitos sobre a seleção daquele traço que mais se aproxima do modelo. Tais critérios podem ser uma chave importante para interpretar as vinculações genéticas entre as relações de produção simbólica e material e as relações sociais que se estabelecem no bojo das atividades humanas. No ensino de Química, critérios orientados pela otimização de um determinado processo, como por exemplo a eficiência do aquecimento da chama, são implicitamente priorizados quando se procura dirigir a atenção do aluno sobre os matizes encontrados nesse corriqueiro e primordial fenômeno, levando-o inicialmente a identificar e depois a priorizar a produção da chama azul. Para interpretarmos o desenvolvimento conceitual na sala de aula, parece-nos fundamental considerar como esses critérios de valor são negociados entre professor e alunos, na medida em que cada um desses agentes está comprometido com fundamentos normativos construídos sobre distintas bases axiológicas. Esta é uma condicionante do desenvolvimento conceitual que merece maior atenção dos estudos socioculturais, sobretudo quando novas formas de produção simbólica e material têm sido postas em permanente tensão com relações sociais assentadas em ambientes computacionais.

#### Do significado da palavra.

Para compreendermos a idéia de significado da palavra em Vigotski, é preciso considerar que ela está diretamente relacionada com o esquema triangular, no qual o signo ocupa uma posição intermediária de mediação entre o estímulo e a resposta, conforme indicamos acima. Recordemos que esse elemento do esquema, ao ser considerado como qualquer tipo de signo convencional, atendeu à premissa teórica de ativar uma operação interna por exercer a função de estímulo externo. Este estímulo é carregado para o interior da operação e exerce a função de organizar a resposta. Se no esquema originalmente proposto por Pavlov, a sinalização é a base da conduta animal e está apoiada em um sinal natural, para Vigotski, o signo, sendo um sinal artificial criado pelo homem, é funcionalmente semelhante àquele, mas diferencia-se por

agir sobre outro sujeito e sobre si próprio, permitindo ao sujeito controlar sua própria ação. Se a palavra é um caso particular de signo, a partir dessas considerações, podemos dizer então que ela promove um tipo especial de mediação semiótica. Devemos considerar ainda que a mediação semiótica é uma das faces da mesma moeda, assim como a atividade humana, que também ocorre pela mediação técnica, operada por instrumentos externos. Por operar com dupla mediação, o homem, enquanto dá forma nova à natureza, confere *significação* à forma nova, o que lhe permite transformar a si próprio. Vemos portanto, que a idéia de mediação originada na atividade do trabalho está diretamente relacionada com a modificação do esquema de estímulo-resposta.

Além desta modificação teórica do esquema estímulo-resposta, um segundo aporte para compreendermos a idéia de significado em Vigotski está em seus estudos ontogenéticos. Vigotski encontra, nas fases iniciais de desenvolvimento infantil, estágios prematuros da linguagem e do pensamento na formação do pensamento e da linguagem, respectivamente. No entanto, ele insiste em afirmar que pensamento e palavra não estão relacionados através de um vínculo primário, mas que este vínculo surge, transforma-se e amplia-se no percurso do desenvolvimento do pensamento e da palavra (Vigotski, 1993, p. 287). Para interpretar a formação e o desenvolvimento desse vínculo, Vigotski defende a utilização da *unidade* em lugar do elemento como componente primário da análise das relações entre pensamento e linguagem. A unidade de análise, por se referir às características e propriedades concretas do fenômeno, não perde as propriedades inerentes ao todo que devem ser objeto de explicação, mas trazem em si as formas primárias mais simples dessas propriedades que motivaram sua análise. Vigotski afirma ter encontrado a unidade de análise que reflete a vinculação entre pensamento e linguagem no *significado da palavra*. Assim o significado da palavra é unidade de ambos os processos, ou seja, é inerente ao fenômeno da linguagem e ao fenômeno do pensamento. É interessante notar que na sua justificativa para o significado da palavra ser unidade de análise dos fenômenos da linguagem, Vigotski afirma que uma palavra sem significado é

apenas um som vazio e que o significado é a própria palavra vista de seu aspecto interno (ibidem, p. 288-9).

Portanto, as proposições teórica e empírica de Vigotski se articulam no sentido de elevar a palavra à posição de ferramenta intelectual imprescindível para o desenvolvimento cultural humano, destacando-se nesse processo histórico e social o pensamento por conceitos. Para Vigotski, do ponto de vista psicológico, o significado da palavra nada mais é do que o conceito, ou generalização. Já vimos acima como a generalização surge nas fases iniciais do pensamento conceitual a partir de um movimento de síntese por agrupamento e abstração por isolamento do traço mais característico do objeto, e que esse movimento se reflete na transformação de função indicativa, nominativa para a função significativa da palavra. No entanto, esta definição de conceito serviu para analisar conceitos isolados, do ponto de vista da investigação, durante a resolução de tarefas específicas de classificação de objetos. Uma vez que as operações mentais exigem, de modo geral, mais de um conceito para realizar determinadas tarefas, a pergunta que se coloca agora diz respeito às relações estabelecidas entre os conceitos. Vigotski sugere que a relação mais simples entre os conceitos é a *relação de generalidade*, ou seja, quão mais gerais ou mais particulares são os conceitos uns em relação aos outros. Se do ponto de vista da lógica, esta é uma questão já bastante debatida, Vigotski não a considera resolvida na psicologia (ibidem, p. 260).

O achado fundamental de um outro conjunto de experimentos, estruturados na resolução de problemas exclusivamente com base no pensamento verbal, indica que as relações de generalidade entre os conceitos têm uma ligação dinâmica com a estrutura de generalização (as três fases do desenvolvimento do pensamento, imagens sincréticas, complexos, conceitos), de tal modo que cada fase de desenvolvimento do significado da palavra tem seu sistema específico de generalidade, suas relações de generalidade entre os conceitos mais gerais ou mais particulares, mais concretos ou mais abstratos. Somente em estágios mais avançados do desenvolvimento do significado da palavra se pode observar a possibilidade de designar conceitos com ajuda de outros conceitos. Para

interpretar esse fenômeno, é necessário considerar a existência de um sistema de conceitos que permita verificar como ocorre a vinculação entre os conceitos. Tal sistema conceitual foi concebido com base em uma analogia com o sistema de coordenadas geográficas da Terra. A distância entre os pólos de máxima concretude e máxima abstração foi chamado de longitude do conceito. A medida de latitude do conceito foi relacionada às diferentes esferas da realidade, às quais o conceito se refere. Este trânsito latitudinal nos coloca o problema da perspectiva do interlocutor e das narrativas. Ambas as posições do conceito no sistema conceitual permitem localizá-lo em termos do ato de pensamento que nele se encerra e do objeto que ele representa. Esta combinação de posições Vigotski denominou de *medida de generalidade* do conceito (ibidem, p. 264).

A proposição desse esquema analítico serviu em uma primeira aproximação para verificar que a estrutura de generalização em uma dada fase de desenvolvimento não surge de uma generalização direta dos objetos, mas surge sim da generalização dos objetos generalizados na estrutura anterior. Portanto, as manifestações do conceito nas estruturas de generalização são dependentes de como os conceitos estavam engendrados anteriormente (ibidem, 267). Essa abordagem garante, ao menos, uma perspectiva dinâmica ao processo de elaboração conceitual, uma das hipóteses de trabalho de Vigotski. Vale lembrar que esta dinamicidade é corolário da tese de encontrarmos a forma menos desenvolvida dialeticamente incorporada à forma mais desenvolvida de pensamento.

Uma outra decorrência desse esquema analítico foi observar o movimento de desenvolvimento dos conceitos, ou assemelhados, dentro de cada fase de generalização e também entre as fases. A diferença fundamental destes movimentos diz respeito às relações de generalidade. No movimento dentro da mesma fase de desenvolvimento, essas relações não se alteram tão drasticamente, conforme se observam nas transições interfase, que conhecem reestruturações bruscas de generalização entre conceito e objeto e das relações de generalidade entre conceitos.

O terceiro aporte da proposição do sistema conceitual a partir da medida de generalidade responde à questão sobre quais relações específicas do pensamento determinam o movimento dos conceitos. No seu esquema analítico, Vigotski propõe que os conceitos se relacionem por meio de linhas, as relações de generalidade, as quais determinam os caminhos possíveis de movimento de um conceito para outro. Portanto, qualquer operação mental – definição, comparação e discriminação de conceitos – se realiza através dessas linhas. No caso da definição de conceito a partir de outros, sua medida de generalidade é expressa através da relação entre as medidas de generalidade dos conceitos que o definem. Vigotski utiliza o termo ‘união’ para se referir a essa relação (ibidem, p. 273).

Vigotski desenvolveu este aparato teórico para interpretar o fenômeno da variabilidade do significado da palavra na ontogênese e também para dar conta do fato de os significados se estabelecerem em função de outros significados. Tendo em vista que o significado da palavra é uma generalização, atribuir variabilidade à generalização implica reconhecer que o significado é também variável e segue as leis derivadas dos experimentos em que se estudaram processos de generalização. Mais ainda, como a generalização constitui o mais específico ato de pensamento, já que decorre do esquema triádico ‘estímulo-resposta-signo’, isso implica reconhecer que o significado da palavra é um fenômeno do pensamento.

Conforme já indicamos no final da seção anterior quando nos referimos aos condicionantes axiológicos do desenvolvimento conceitual, Há de se explorar ainda a ‘posição latitudinal’ do conceito no sistema de generalidade para interpretarmos a variabilidade do conceito, ou seja, as esferas da realidade. Estas são fortemente determinadas pelo meio externo, pelas relações afetivas e de poder dos interlocutores, pela formação narrativa que imprime sentido às tais esferas da realidade. Esta parece ser uma chave importante que, sem dúvida, é forjada na arena das relações sociais.

Demarcadas as principais características da significação na ontogênese como ato instrumental mediado pela palavra, seguimos na direção de

compreender o processo de internalização como movimento que interpreta trânsitos lingüísticos e sociológicos do plano externo para o interno.

### Da fala interna.

Conforme indicamos acima, os estudos experimentais de Vigotski se concentraram sobretudo na análise do significado da palavra, no desenvolvimento conceitual, em situações controladas de tal modo que essa unidade básica do pensamento e da linguagem fosse observada em situações completamente distintas daquelas que encontramos na sala de aula, por exemplo. E não poderia ser diferente, pois boa parte das contribuições de Vigotski são decorrentes do debate científico sobre questões específicas da psicologia cuja resposta exigia condições controladas de experimentação. Também sob condições controladas, Vigotski desenvolveu uma importante investigação sobre o processo de formação da fala interna, concebida por ele como uma forma especial de atividade verbal que mantém uma complexa relação com outras formas de atividade verbal (Vigotski, 1993, p. 306). A hipótese central de Vigotski se baseava na internalização da fala egocêntrica, forma diferenciada de atividade verbal já investigada por Piaget. Ao contrário deste, que sustentava a involução da fala egocêntrica até seu completo desaparecimento, ele considerava que a fala egocêntrica se desenvolvia na direção de se transformar em fala interna. Para tal, os estudos genéticos com crianças foram cercados de experimentos engenhosos, onde o controle sobre as condições de contorno e as variáveis foi peça fundamental.

Um dos pressupostos teóricos importantes, retirados de estudos da lingüística, tomava a fala em seus planos externo e interno, fásico e semântico. Seus estudos mostraram que no desenvolvimento da linguagem, esses dois aspectos não são coincidentes, ou seja, desenvolvem-se em linhas não coincidentes. O aspecto semântico se desenvolve do todo para a parte, da frase para a palavra, e o aspecto externo vai da parte para o todo, da palavra à frase. Portanto, eles se desenvolvem em direção oposta, o que não significa nem

ruptura, nem independência entre os planos semântico e fásico, mas a unidade desses planos pressupõe um movimento próprio de cada um e também a existência de relações complexas na evolução deles. Admitindo-se também que a linguagem não expressa o pensamento puro, ou seja, que a linguagem não é uma roupa justa que veste o pensamento, compreende-se porque o pensamento se reestrutura e se modifica ao se transformar em linguagem exatamente porque o desenvolvimento dos planos semântico e fásico da linguagem ocorre em sentidos opostos.

Já do ponto de vista funcional, Vigotski se apoiou no fenômeno da discrepância entre os sujeitos e os predicados gramatical e psicológico. Toda a discussão resulta na não coincidência obrigatória entre o sujeito gramatical e o psicológico, entre o predicado gramatical e o psicológico. O predicado psicológico é definido em função de onde está o acento lógico, cuja função semântica está em destacar o predicado. O acento lógico confere, portanto, dinamicidade à linguagem, subvertendo as leis da sintaxe por leis da semântica. Vigotski sugere, assim, que ocorre uma transição da sintaxe dos significados para a sintaxe verbal, ou seja, uma transformação da gramática do pensamento para a das palavras, ou ainda, a modificação da estrutura semântica quando se encarna nas palavras.

Além desses pressupostos, extraídos da lingüística e da psicologia, a tese de evolução da fala egocêntrica para a fala interna está sustentada por um princípio marxista-engeliano que já visitamos várias vezes. Trata-se da lei geral do desenvolvimento cultural, que admite o surgimento de qualquer função psíquica, nesse caso da fala egocêntrica, a partir de formas de atividade sociais coletivas, ou seja, 'a linguagem para si mesmo surge através da diferenciação da função inicialmente social da linguagem para os outros' (ibidem, p. 310). Dessa combinação de pressupostos, Vigotski interpreta um conjunto de dados de experimentos para sustentar a transição da fala social externa para a fala egocêntrica e dela para a fala interna, dos pontos de vista estrutural, funcional e genético.

Os estudos da transição das falas levaram Vigotski a considerar as formas abreviadas da estrutura da fala interna como diretamente vinculadas à função

significativa. Se a tendência à predicação observada na fala egocêntrica, pela conservação do predicado e de seus complementos e pela eliminação do sujeito, se transfere à fala interna, esta tem natureza sintática e semântica distinta da fala social. Mais ainda, esta natureza particular se manifesta externamente, no entanto, em algumas situações extremas, como nos diálogos em que o compartilhamento de impressões entre os interlocutores atinge um grau elevado. O fato de no texto escrito o compartilhamento de impressões entre autor e leitor ser bastante reduzido é também um indício para interpretar a sintaxe estendida da linguagem escrita. Dessas observações de Vigotski, extraídas sobretudo da análise literária, percebemos que o estudo da função significativa da fala interna teria encontrado nos diálogos campo de investigação bastante fértil. É isso que veremos, mais adiante, nas contribuições de Bakhtin.

A partir dessas constatações sobre a natureza estrutural, funcional e genética da fala interna, o problema que se coloca mais evidente para Vigotski ao final de 'Pensamento e Linguagem' é o mesmo que mobiliza muitos a investigar as situações de sala de aula: quais são as características fundamentais da semântica da fala interna que podem nos desvelar a formação de significados? Para responder essa questão, Vigotski sugere que o *sentido* prevaleça sobre o significado da palavra. É interessante notar que a idéia de sentido seja evocada apenas ao final de sua exposição mais sistematizada sobre formação do pensamento. Ele empresta de Pauhlan, psicólogo francês estudioso da cognição, a idéia de que o sentido é a soma de todos os acontecimentos psicológicos evocados na consciência pela palavra, o que lhe confere um caráter dinâmico, variável e complexo com zonas de estabilidade diferentes. Dentre as zonas de estabilidade do sentido, o significado seria o mais estável, coerente e preciso. A formação das zonas de estabilidade, o sentido, se dá no contexto e é a variabilidade do contexto provocada pelas situações que imprime variabilidade ao sentido da palavra. A relação entre sentido e contexto se encontra no fato de que 'a palavra está inserida em um contexto do qual toma seu conteúdo intelectual e afetivo, se impregna desse conteúdo e passa a significar mais ou menos o que significa isoladamente e fora do contexto: mais porque se amplia seu repertório de

significados, adquirindo novas áreas de conteúdo; menos, porque o contexto em questão limita e torna concreto seu significado abstrato' (Vigotski 1993, p. 333). Essa aproximação nos coloca diante da impossibilidade de abarcarmos o sentido completo das palavras, justamente porque o contexto de sua expressão limita os acontecimentos psicológicos evocados na consciência. Portanto, o significado singular, único da palavra nada mais é do que uma potência que se realiza na linguagem viva por meio do sentido adquirido pela palavra no contexto, na situação específica.

A razão para introduzir o sentido nos estudos de formação da fala interna está no fato de Vigotski identificar nessa formação um caráter dinâmico e variável que não poderia ser interpretado unicamente pelas formações relativamente estabilizadas da fala social. Se considerarmos que a noção de contexto serve para interpretar como ocorre a realização da formação relativamente estabilizada da fala social, o significado, entenderemos que a variabilidade de contextos, em razão da variação espaço-temporal, temática e principalmente de interlocutores, nos leva a admitir a influência dos diversos contextos sobre os acontecimentos psicológicos que ocorrem na consciência quando a palavra é evocada, ou seja, a influência do sentido sobre a realização do significado, ou ainda a preponderância do sentido sobre o significado. Como a atuação sincrônica em mais de um contexto ainda é uma impossibilidade física (real)<sup>8</sup>, deve-se admitir que apenas uma zona do sentido da palavra, a mais estável ou a mais familiar à situação, seja evocada. Mas essa impossibilidade física não elimina a influência de outras formações estabilizadas da fala social sobre aquela que é evocada na situação. Assim, o significado da palavra é aquela zona mais estável que emerge após ter se banhado no mar dos sentidos.

Chegamos ao ponto mais avançado que Vigotski conferiu à discussão sobre formação de conceitos. Vimos que a partir da composição de princípios teóricos e metodológicos marxista-engelianos, ele reformulou o princípio do reflexo condicionado, destacando a mediação semiótica no estudo genético da formação do pensamento e da linguagem, e em particular, o significado da palavra como

---

<sup>8</sup> O ambiente multitarefa de janelas não reproduz exatamente a sincronidade das ações, apenas aproxima temporalmente uma ação da outra. Essas idéias serão discutidas no final do capítulo.

unidade de análise dos seus estudos genéticos sobre pensamento e linguagem. No seu enfoque semiótico, ele destacou a relação entre sentido e significado para interpretar os processos internos e a relação entre pensamento e linguagem. Seus estudos sobre formação da fala interna demonstram uma crescente preocupação em situá-los em contextos institucionais como o escolar, procurando romper assim as amarras dos estudos clínicos. Estas contribuições são importantes para enfocarmos as investigações sobre interação e elaboração de significados na sala de aula sob uma perspectiva sociocultural, assim como as contribuições de Bakhtin, cujos estudos, que passamos a examinar, são igualmente importantes para traçar o quadro teórico-metodológico de nossas investigações.

### **A teoria do enunciado e a dialogicidade de Mikhail Bakhtin.**

O conceito de dialogicidade é considerado por diversos autores como a principal contribuição de Bakhtin para os estudos da linguagem. Todorov toma o princípio dialógico na obra de Bakhtin como fundamento de uma epistemologia das ciências humanas, cujo objeto de estudo é o texto escrito ou oral de onde se obtêm os dados primários para essas disciplinas (Todorov, 1984, p. 17). No encerramento de sua análise sobre o pensamento vigotskiano para uma formação social da mente, Wertsch observa a extensão do conceito de diálogo em Bakhtin para problemas da estética, da filosofia e da psicologia, em razão de sua perspectiva totalizante, viva e concreta da linguagem (Wertsch, 1985a, p. 225). Brait reconhece a dialogicidade como célula geradora a partir da qual se desenvolvem outros conceitos e que mantém vivo o interesse de muitos estudiosos de diferentes áreas pela sua obra (Brait, 2005b, p. 88).

Particularmente, para os estudos sobre a sala de aula, a dialogicidade e os conceitos correlatos têm conhecido variada repercussão. Nas salas de aula de ciências, Mortimer e Scott vêm investigando a construção de significado a partir de um esquema analítico que relaciona interatividade à natureza dialógica da fala e

da compreensão (Mortimer e Scott, 2003). Para propor que as salas de aulas se transformem em comunidades de investigação, Wells sugere uma aproximação bastante original entre os estudos da linguagem de Halliday e de Bakhtin, frisando a situacionalidade e a dialogicidade como princípios importantes do pensamento bakhtiniano (Wells, 1999, p. 103-104). No processo de constituição recíproca do sujeito em idade pré-escolar, Smolka e colaboradores argumentam sobre a centralidade do princípio dialógico para compreender a apropriação das palavras do outro (Smolka, Goes e Pino, 1995, p. 181-182). A noção de vozes e o processo de sua apropriação pelos estudos também foram utilizados por Machado na investigação sobre a elaboração de formas de pensamento químico entre adolescentes (Machado, 1999).

Um exemplo bastante revelador da influência das idéias de Bakhtin e também de Vigotski sobre os estudos da sala de aula pode ser destacado do texto revisitado de Barnes e Todd (1995). No início dos anos 70, estes autores foram pioneiros em investigações sobre como estudantes interagem em grupos, diferentemente de Sinclair e Coulthard (1975) e Mehan (1979), cujos estudos focaram na interação professor-aluno. A forma de organização do cenário de investigação chama atenção no trabalho original de Barnes e Todd, que além de terem dispostos os estudantes em torno de atividades colaborativas envolvendo resolução de problemas sobre diversos temas, trataram também de ambientar os equipamentos de registro de áudio nestas atividades, de modo que os estudantes se sentissem completamente à vontade na presença de gravadores de áudio que eram verdadeira novidade para a época (Barnes and Todd, 1977, p. 6-11). O trabalho original da dupla foi fortemente influenciado pelo pensamento piagetiano, o que se pode medir pela proposição de que os adolescentes atingem o pensamento hipotético-dedutivo (operações formais) por meio da internalização de pontos de vista dos outros, o que se daria no curso de diálogos que lhes permitem relacionar seus pontos de vista (ibidem, p. 1-2). No capítulo adicionado à versão revisitada, os autores redefinem seu construto teórico em função da idéia de se trazer a fala do outro em contato com a própria fala, ou como uma forma de se

criar uma perspectiva para a fala do outro, ou mesmo de penetrar no interior da fala do outro, citando textualmente Bakhtin (Barnes and Todd, 1995, p. 163-164).

Assim, a despeito de Bakhtin ter desenvolvido uma teoria do enunciado, os conceitos de dialogicidade, polifonia e voz no campo dos estudos literários, seu pensamento se amplia para outros campos de estudo. É interessante notar que o próprio Bakhtin tinha como projeto intelectual atingir outras áreas do conhecimento. Em 'Marxismo e Filosofia da Linguagem', ele já criticava os métodos baseados no sistema abstrato da língua que desconsideravam a natureza concreta e situada da enunciação. Também nesta obra, seu interesse pelos estudos da psicologia é visível, tanto assim que o conceito de atividade mental é tratado sob uma perspectiva semiótica, segundo a qual 'a função expressiva não pode ser separada da atividade mental sem que se altere a própria natureza desta' (Bakhtin, 1997, p. 51). Em 'O Freudismo', sua crítica à psicanálise, a partir de uma perspectiva marxista, reivindica um estudo do comportamento humano com base em métodos objetivos de enfoque sociológico e não introspectivo (Bakhtin, 2004, p. 19-20). Seus estudos filológicos denunciam os inconvenientes de se adotar os métodos e princípios dos estudos das línguas mortas que terminam por elevar a língua ao status de sistema de formas normativas. Diante dessa densa e extensa produção intelectual, nos concentraremos em discutir as idéias mais fundamentais do pensamento de Bakhtin com vistas a transpô-las para o estudo de situações de sala de aula no intuito de interpretar o processo de elaboração de conceitos desencadeado por atividades de ensino mediadas pelo computador.

### Dialogicidade e enunciação.

Vimos que nos estertores de sua obra, Vigotski se voltou para as noções de sentido e significado como categorias de análise da fala interna com a devida atenção aos processos mentais mediados pela palavra. Pois, Bakhtin, por outro caminho, também se ocupou de um problema semelhante para o qual reservou uma parte razoavelmente extensa de 'Marxismo e Filosofia da Linguagem'. Sua

aproximação, no entanto, não desceu aos detalhes dos processos mentais, das funções psicológicas e das mediações que o signo estabelece no plano neurológico, ao contrário de Vigotski que, além de examinar os princípios teóricos de diversas doutrinas, discutiu profundamente aspectos metodológicos e empíricos. O interesse de Bakhtin esteve voltado para o que ele chamou de psicologia do corpo social, a qual se realiza na interação verbal (Bakhtin, 1997, p. 41). Sobre esse conceito, ele destaca o fato de a psicologia do corpo social ser o meio ambiente dos atos de fala, nos quais estão embutidas todas as formas e aspectos da criação ideológica no sentido lato do termo, ou seja, a ciência, a arte, a religião etc. Os exemplos de criação ideológica são as conversas de toda natureza, os modos de reação verbal face aos acontecimentos cotidianos, as regulamentações sociais e o próprio discurso interior. Em seus termos, 'a psicologia do corpo social se manifesta essencialmente nos mais diversos aspectos da "enunciação" sob a forma de *diferentes modos de discurso*, sejam eles interiores ou exteriores' (ibidem, p. 42). Estamos diante, portanto, de um alargamento das fronteiras dos estudos psicológicos, na direção de abarcar os aspectos institucionais do comportamento humano, o que nos traz implicações importantes para compreender a formação de conceitos na sala de aula.

Como a palavra resulta de um consenso entre indivíduos socialmente organizados, sua forma é condicionada tanto pelas relações sociais quanto pelas interações estabelecidas entre eles. Trata-se, portanto, de uma abordagem marxista, pela qual se defende a relação de reciprocidade, de mútua influência, entre a realidade objetiva e a palavra. De acordo com Bakhtin, 'só esta abordagem pode dar uma expressão concreta ao problema da mútua influência do signo e do ser; é apenas sob esta condição que o processo de determinação causal do signo pelo ser aparece como uma verdadeira passagem do ser ao signo, como um processo de refração realmente dialético do ser no signo' (ibidem, p. 44).

Em se tratando de uma abordagem marxista, a interação entre os indivíduos não pode ser relegada apenas ao plano exterior, mas deve sim ser tratada na óptica da fronteira interno-externo, no limite entre o organismo e o mundo exterior. Bakhtin sugere que esta fronteira é constituída pelo signo,

particularmente pela palavra. Portanto, a realidade do plano interno, da consciência, é a realidade do signo. Seria preciso estudar, então, a tipologia das interações verbais para se analisar com precisão as questões relativas ao plano interno, à consciência, às formas de pensamento. Da mesma forma, seria preciso conhecer as relações sociais estabelecidas entre os indivíduos para se proceder a tal análise, ou seja, verificar quais papéis e posições sociais ocupam os interlocutores e como essas relações se materializam na interação verbal, por meio dos enunciados.

Para compreendermos esta hipótese forte da vinculação interno-externo, é necessário considerar que Bakhtin criticava proposições das vertentes interpretativa e funcionalista do que ele denominava psicologia objetiva, que oscilavam, em um extremo, por interpretar os fenômenos psíquicos do ponto de vista da expressão semiótica, portanto de uma determinação do interno sobre o externo. Além de não considerar o caráter social do signo, o principal equívoco de princípio da psicologia interpretativa era ignorar o vínculo indispensável entre signo e significação, ou seja, ignorar o caráter semiótico da atividade mental. Em outro extremo, a interpretação dos fenômenos psíquicos se pautava na função psíquica que, quando muito, conferia uma determinação do externo sobre o interno. Bakhtin admite que estes posicionamentos são incompletos e é no sentido de superá-los que ele sugere a indissolubilidade entre o signo e a situação social na qual ele se insere. Aqui, observamos que apesar de Bakhtin considerar sempre princípios sociológicos para interpretar a interação verbal, ele também defendia uma interpretação tendo em conta princípios semióticos.

No seu esforço por arquitetar uma filosofia da linguagem de caráter marxista, Bakhtin formula questões sobre a natureza do discurso, sobre como a palavra transita na fronteira entre o interno e a situação social e fundamentalmente sobre quais métodos empregar para estudá-lo. É necessário então admitir formas de manifestação interna e externa do discurso, ou ainda, da palavra, em estreita dependência das condições históricas da situação social. Ao final da primeira parte de 'Marxismo e Filosofia da Linguagem', surge a proposição de o discurso interior ser uma forma de *diálogo interior*, sob inspiração explícita dos estudos

clássicos. Simultaneamente a esta proposição, Bakhtin refuta a fundamentação gramatical e fonética para a análise do discurso interior, em estreita relação com o argumento de que esta base lingüística não se presta à compreensão das réplicas do diálogo externo. Assim, 'somente a explicitação das formas que as enunciações completas tomam e, em particular, as formas do discurso dialogado, pode esclarecer as formas do discurso interior e a lógica particular do itinerário que elas seguem na vida interior' (Bakhtin, 1997, p. 64). O que Bakhtin procura garantir aqui é a irredutibilidade e não a independência das relações dialógicas às relações lógicas, pois ao se materializarem no enunciado, as relações lógicas passam a um outro campo de existência em que as condições históricas e sociais lhes impõem contornos de estilo e de valor próprios da situação e dos sujeitos enunciadorees. A irredutibilidade à lógica é um princípio do dialogismo revisitado em outras obras de Bakhtin, especialmente quando ele polemiza com abordagens normativas da lingüística sobre a análise de romances, conforme se verifica no início de seu estudo sobre o discurso em Dostoievski (Bakhtin, 2002, p. 181-185).

Se admitirmos que o discurso interior pode ser exteriorizado, assim como o faz Bakhtin quando examina o fenômeno da introspecção e a construção do romance polifônico, é inequívoco admitir a existência de uma tensão permanente entre as formas de comunicação social, o diálogo exterior em particular, e as formas do discurso interior. Mais ainda, esta tensão se mantém por meio de uma lógica particular, diferente daquela que orienta os estudos segundo abordagens normativas da lingüística. Esta aproximação nos parece bastante útil para focarmos as investigações sobre a formação de conceitos em situações de sala de aula, das quais temos observado uma diversificada fonte de influências, desde a especificidade das relações sociais, dos papéis ocupados por alunos, professores e interlocutores próximos, passando por aspectos da organização do ensino, como o caráter problematizador ou descritivo das atividades, a função e a diversidade dos meios mediacionais, chegando às formas particulares de interação verbal da sala de aula, como o caráter dialógico dos enunciados. Neste sentido, não é possível reduzir o processo de construção de significados na sala de aula à lógica subjacente aos princípios teóricos das áreas de conhecimento. É necessário

considerar os fatores que mantêm sob tensão as formas exteriores de comunicação verbal e os discursos interiores dos alunos e dos professores, pois para além do poder de persuasão da racionalidade, tais fatores estão impregnados dos valores apreendidos no lugar social ocupado por cada um desses agentes.

Vimos até aqui que as determinações de aspectos sociais e históricos sobre as formas de interação verbal nos levam a considerar a formação do discurso interior sob uma perspectiva de diálogo interno, o que constitui uma das expressões da dialogicidade, segundo Bakhtin. Na direção de elucidar este conceito central do pensamento bakhtiniano, devemos examinar agora a proposição de alçar o enunciado à condição de unidade de análise dos processos de interação verbal e é sobre esta proposição que nos debruçaremos para reunir outros sentidos da dialogicidade. Constatamos acima a necessidade de se buscar fundamentos lógicos próprios para constituir uma teoria da enunciação, uma vez que os fundamentos da gramática e da fonética são insuficientes para interpretar os fenômenos da comunicação verbal. Para compreender a origem destes fundamentos é instrutivo seguirmos o caminho percorrido por Bakhtin na crítica a duas orientações teóricas dos estudos da linguagem, o subjetivismo idealista e o objetivismo abstrato, conforme exposto na segunda parte de 'Marxismo e Filosofia da Linguagem'.

Ao longo de sua exposição sobre os princípios de cada orientação, Bakhtin examina aspectos da evolução histórica da língua, dos enfoques metodológicos, das leis que governam seus sistemas internos, dos processos de criação lingüística e da própria natureza da língua. Chama atenção o recurso estilístico utilizado por Bakhtin para criticar os fundamentos dessas orientações pelo qual ele coloca em conflito as proposições do subjetivismo idealista e do objetivismo abstrato. Desta crítica, emerge um conjunto de proposições para sua teoria da enunciação. Vamos aos princípios de cada uma das duas orientações.

No que se refere à natureza da língua, Bakhtin sugere que ela se constitui em um processo evolutivo ininterrupto que se realiza pela interação verbal entre interlocutores. Desta forma, ele refuta os princípios de estabilidade e imutabilidade

do objetivismo abstrato, segundo o qual a língua é um sistema normativo apriorístico que orienta as formas de comunicação humana. A língua, enquanto sistema normativo, é tão somente uma abstração científica que tem aplicações restritas, mas não serve para interpretar a realidade concreta. Como a interação verbal se desenvolve no bojo de comunidades socialmente organizadas, não se admite a oposição entre social e individual sobre a qual se apóia a orientação subjetivista para definir a língua como processo criativo materializado na forma de atos individuais de fala. Conforme vimos anteriormente, os atos de fala a que se refere Bakhtin se realizam no ambiente que ele designou de psicologia do corpo social e são, portanto, decorrentes de processos inter-individuais.

No que diz respeito às leis que regulam o funcionamento da língua (Bakhtin, 1997, p. 123-124), ele refuta o doutrinamento da psicologia individual sobre o qual se apóia o subjetivismo idealista e também o doutrinamento lingüístico do objetivismo abstrato. As leis que interpretam a evolução histórica e também a vivência da língua na comunicação verbal concreta são de caráter sociológico. Desta forma, Bakhtin procura garantir a natureza ideológica da interação verbal, ou seja, o fato de qualquer ato de fala se encontrar situado em um tempo histórico e estar delimitado pelos arranjos sociais de sua época. Sua interpretação para a evolução parte da análise das relações sociais em função das condições concretas em que se realizam, relações essas que influenciam as formas de comunicação e interação verbais e assim a própria evolução dos atos de fala. Esta evolução, por sua vez, promove as mudanças nas formas da língua, conforme designadas na sua estrutura gramatical e fonética. O argumento é consistente com sua abordagem marxista: a língua se constitui na interação verbal que é um fenômeno eminentemente sociológico.

A conseqüência imediata desta abordagem sociológica para o fenômeno da interação verbal, que nos interessa diretamente para os estudos sobre a sala de aula, determina procedimentos sobre como organizar metodologicamente esses estudos. O primeiro passo é verificar as condições concretas em que ocorrem a interação, considerando, portanto, a situacionalidade e o percurso seguido pela interação. A seguir, procede-se ao exame das formas enunciativas,

caracterizando-as segundo critérios de valor, funcionalidade e forma. Como último estágio, Bakhtin sugere uma análise lingüística convencional, ou seja, um estudo sobre a composição gramatical e fonética da língua. É importante observar que Bakhtin incorpora fundamentos do objetivismo, subordinando-os aos princípios sociológicos da situacionalidade, quando, por exemplo, não descarta a análise gramatical no estudo da língua. Da mesma forma, para construir o conceito de enunciado, ele assimila o ato de fala como princípio oriundo do subjetivismo idealista, impondo-lhe o caráter social. Estamos diante, portanto, do estratagema dialético da superação, construído pela assimilação de princípios aparentemente conflitantes que são reorientados por argumentos de matriz sociológica extraídos das formas concretas de produção material.

Para analisar a situação e o percurso seguido pela interação, faz-se necessário observar que os processos de interação verbal são ininterruptos, ou seja, não têm começo nem fim. Nesta medida, a construção dos enunciados em uma dada situação pressupõe a ocorrência de enunciados anteriores e dessa forma estas unidades da comunicação verbal são como elos de uma cadeia enunciativa. Se tomarmos esse processo desde a perspectiva de sua realização interna e externa, para sermos coerentes com a qualidade de fronteira interno-externo atribuída ao signo, o enunciado passa a ter contornos bem pouco definidos, quando comparamos apenas à sua realização na forma oral ou escrita. Se é simples determinarmos o início e o fim de um enunciado expresso, da perspectiva do discurso interior essa não é uma tarefa trivial. Bakhtin compara o enunciado realizado, ou seja, aquele externalizado, a uma ilha emergindo de um oceano sem limites, o discurso interior (ibidem, p. 125). São as condições concretas de realização e o auditório que impõem restrições sobre as formas enunciativas que, além disso, estão inseridas em um contexto não verbalizado, formado pelas ações, gestos, imagens e outros elementos concretos da situação. Portanto, estudar o processo de interação verbal na sala de aula pressupõe não apenas alargar as dimensões de análise, mas fundamentalmente tomar o enunciado dentro de um fluxo, como parte de uma cadeia enunciativa que se desenvolve no tempo e em situações definidas.

Além dos elementos concretos da situação, queremos destacar dois outros fatores determinantes das formas enunciativas. O auditório pode ser compreendido como o grupo social organizado ao qual pertence o interlocutor que toma parte no processo enunciativo. Assim, na sala de aula, o professor é um sujeito pertencente a uma categoria profissional e exerce, entre outras, as funções de organizar e liderar as atividades de ensino. É para um membro deste auditório que os alunos, via de regra, endereçam seus enunciados. Muitas vezes, se confunde o pertencimento do professor ao auditório de uma determinada comunidade científica, pois boa parte das formações enunciativas é gerada em esferas de comunicação dessas comunidades. De fato, o professor pode pertencer a outras comunidades científicas, religiosas, políticas, de interesse e neste sentido é necessário considerar no estudo das interações verbais em sala de aula a quem o aluno endereça seus enunciados, em qual auditório seu interlocutor é enquadrado, inclusive na interação com outros alunos. O auditório é um fator estritamente relacionado às determinações ideológicas das formações enunciativas. Saber a quem endereçar o enunciado implica identificar a posição do interlocutor não apenas na esfera de comunicação e das atividades do grupo social, mas também identificar sua posição na hierarquia das relações sociais. Portanto, os processos de interação verbal devem ser investigados tendo em conta a caracterização do auditório e o posicionamento dos interlocutores nos diferentes auditórios, sem o que não se pode ponderar sobre as determinações ideológicas na gênese do discurso interior.

Um segundo elemento relevante para a concretização do enunciado é sua característica responsiva, em função do qual Bakhtin constrói a idéia de compreensão. Se o enunciado é um elo da cadeia enunciativa, sua gênese se dá em função dos enunciados dos demais participantes da interação verbal, constituindo-se como espécie de resposta àquilo que já foi dito ou escrito. Assim, um outro traço fundamental do enunciado é seu caráter responsivo. Na perspectiva bakhtiniana, esse caráter responsivo se vincula à própria compreensão que é tomada como um processo ativo no qual a resposta é um elemento sempre presente. Para compreender o enunciado do outro, e nesta

medida conferir-lhe significado, o sujeito se orienta no horizonte conceitual do interlocutor, opondo suas palavras às dele, ou seja, 'a cada palavra da enunciação que estamos em processo de compreender, fazemos corresponder uma série de palavras nossas, formando uma réplica. Quanto mais numerosas e substanciais forem [nossas palavras], mais profunda e real é a nossa compreensão. Assim, cada um dos elementos significativos e isoláveis de uma enunciação e a enunciação toda são transferidos nas nossas mentes para um outro contexto, ativo e responsivo' (Bakhtin, 1997, p. 132). O próprio locutor produz o enunciado aguardando uma resposta de seu interlocutor, na forma de concordância, objeção, execução ou outra atitude responsiva, e isto se dá em razão de ele ter em mente a existência de enunciados anteriores, aos quais seu enunciado responde. A compreensão é, portanto, uma forma de diálogo que se estabelece pela oposição e pela recontextualização de palavras. Este é um outro traço do conceito de dialogia em Bakhtin.

É importante observar que a resposta a um enunciado nem sempre se materializa no momento subsequente da interação verbal. Na discussão sobre enunciação em um texto escrito no início da década de 50, Bakhtin aprofunda a idéia de compreensão responsiva de ação retardada sugerindo que aquilo que foi ouvido ou lido, e tendo passado por um processo de compreensão ativa, encontrará eco no discurso ou nas atitudes subsequentes do interlocutor (Bakhtin, 2000, p. 291). As manifestações da compreensão responsiva de ação retardada ocorrem, sobretudo, nos auditórios científicos, literários, jurídicos, artísticos etc., ou seja, em situações de comunicação social mais complexa e relativamente mais evoluída, de onde emergem respostas na forma de citações a outros enunciados, contra-argumentações etc. Desta forma, é possível perceber o esforço empreendido por Bakhtin para aproximar o processo de formação do discurso interior, cuja base, como vimos, é o diálogo interno, do processo de compreensão. A implicação imediata desta aproximação é tratar a significação no bojo do processo de compreensão responsiva, como um processo que se realiza na interação verbal, não como um atributo da palavra em si, ou de qualquer forma sintática ou semântica. Como resultado, a gênese do nosso pensamento se dá em

interação e luta com o pensamento alheio o que não pode deixar de se manifestar nas formações enunciativas. Para esclarecer as conseqüências desta aproximação para o problema da significação, Bakhtin introduziu a idéia de tema, que volta a nos colocar diante da relação sentido-significado, desta vez, sob as condições de contorno dos princípios da teoria do enunciado.

### O conceito de voz.

Antes de apresentar a posição de Bakhtin sobre a relação sentido-significado, devemos nos manifestar sobre uma noção estritamente relacionada ao enunciado que se configura em estreita sintonia com a constituição do sujeito, a voz. Até aqui, vimos que o enunciado de um autor é endereçado a um interlocutor participante de um auditório. A enunciação corresponde também ao processo de compreensão responsiva desses indivíduos e ela se realiza por meio de signos em um ambiente social circunstanciado historicamente. A noção de voz em Bakhtin surge da aproximação entre os conceitos de enunciado e a caracterização dos sujeitos participantes da interação verbal, especificamente sobre sua consciência:

“Essa cadeia ideológica estende-se de consciência individual em consciência individual, ligando umas às outras. Os signos só emergem, decididamente, do processo de interação entre uma consciência individual e uma outra. E a própria consciência individual está repleta de signos. A consciência só se torna consciência quando se impregna de conteúdo ideológico (semiótico) e, conseqüentemente, somente no processo de interação social” (Bakhtin, 1997, p. 34).

Para compreendermos a noção de consciência sintetizada nesta seqüência, é necessário destacar dois pontos. Primeiro, Bakhtin defende a consciência como manifestação material de base semiótica, contrapondo-se ao que ele chama de filosofia idealista, citando Cassirer e seu texto ‘Filosofia das formas simbólicas’, e à psicologia, sem, no entanto, se referir a nenhuma corrente explicitamente. Neste aspecto, a análise de Vigotski sobre a crise da psicologia dessa época corrobora a crítica de Bakhtin, uma vez que ele identifica dentro da vertente idealista, vários programas de pesquisa que descartam a base material da consciência. Portanto, a

consciência é de fundo semiótico e 'só pode surgir e se afirmar como realidade mediante a encarnação material em signos' (Bakhtin, 1997, p. 34).

O segundo ponto a destacar é a idéia de cadeia ideológica que interpreta a vinculação entre os signos tanto no plano da consciência individual como também no plano da interação social. Esta idéia é derivada, como vimos, do caráter responsivo atribuído ao enunciado e à própria compreensão. O caráter responsivo da enunciação pressupõe a existência de enunciados anteriores e posteriores em fluxo contínuo. Portanto, para interpretar a consciência, deve-se considerar sua existência no curso das relações de um grupo socialmente organizado, de onde emergem enunciados que respondem a outros enunciados, ou seja, a consciência não é um atributo de um indivíduo isolado, ao contrário, mesmo enquanto atividade mental, ela constitui um território social dinâmico (ibidem, 117-8).

Nestas condições, se 'a consciência adquire forma e existência nos signos criados por um grupo organizado no curso de suas relações sociais' (ibidem, p. 35), então o enunciado é produzido no fluxo da comunicação verbal por uma voz, uma consciência falante que interage com outras vozes para as quais ela responde e suscita respostas. Esta noção de consciência ou personalidade falante é proposta por Holquist e Emerson (1981, p. 434) para explicar a vinculação estreita entre enunciado e voz no pensamento de Bakhtin. Estes conceitos foram largamente utilizados por Bakhtin em seus estudos literários, a partir dos quais ele desenvolveu diversos esquemas analíticos para interpretar a construção do romance polifônico de Dostoievski. Nestes esquemas, ele sustenta que as personagens não são apenas objetos do discurso do autor, mas são os próprios sujeitos de um discurso significante, pois a consciência do herói é a consciência do *outro* e não se fecha em torno da consciência do autor, ou ainda, 'a voz do herói sobre si mesmo e sobre o mundo é tão plena como a palavra comum do autor'. A voz do herói possui independência excepcional na estrutura da obra, é como se ela soasse *ao lado* da palavra do autor, coadunando-se de modo especial com ela e com as vozes plenas de valor de outros heróis (Bakhtin, 2002, p. 4-5).

Não podemos nos furtar em estabelecer uma analogia com esta perspectiva polifônica para compreender a aprendizagem e o processo de desenvolvimento cognitivo na sala de aula. Neste ambiente socialmente organizado, o universo de interlocução dos alunos não pode ser reduzido a uma única voz, seja ela a voz do professor, ou do autor do livro didático, ou de um cientista evocada por qualquer mídia. Qualquer que seja a forma de organização do ensino, o aluno que habita a sala de aula é um ser em contato com múltiplas vozes, que as traz para o seu discurso interior e convive com elas dentro e fora da sala de aula, polemizando, respondendo e provocando respostas. Sua compreensão do mundo é forjada pela interação incessante com vozes heterogêneas que têm o sabor de profissões, religiões, visões de mundo estabelecidas a partir de horizontes conceituais distintos. Compreender a formação de conceitos na sala de aula implica adotar o ponto de vista polifônico da inter-animação de vozes para perscrutar as formações enunciativas de cada um de seus participantes e identificar como evoluem os sentidos e os significados nos seus universos.

A partir desta perspectiva polifônica, podemos entrar na discussão sobre como Bakhtin concebe as noções de sentido e significado. O tema, segundo Bakhtin, é o sentido da enunciação completa, termo que, para estar em acordo com os princípios da teoria do enunciado, embute sua própria realização em determinada situação histórica concreta. Fazem parte do tema não apenas as formas lingüísticas, mas também outros elementos não verbais da situação e daí sua concretude. Ele defende, portanto, que o sentido da enunciação completa é único e não reiterável. Assim, qualquer enunciação tem um sentido distinto cada vez que é expressa. A enunciação contém também elementos reiteráveis e idênticos cada vez que são repetidos, que formam a significação da enunciação. Estes elementos são abstratos e convencionados e, portanto, não têm existência concreta independente. Bakhtin sugere que 'a significação é um aparato técnico para a realização do tema' (ibidem, p. 129). Para tanto, o tema se apóia na débil estabilidade da significação para dotar de sentido a enunciação. Já a significação da palavra somente pode ser analisada como elemento do tema da enunciação, ou seja, a partir de sua localização em uma situação concreta e de sua relação

com o todo da enunciação. Desta forma, Bakhtin confere um caráter potencial à significação que se realiza apenas no interior de um tema concreto, o que implica reivindicar uma investigação da significação contextualizada em detrimento da significação dicionarizada. Portanto, não há tema sem significação e vice-versa e neste sentido, é impossível traçar uma fronteira absoluta entre eles.

Um outro importante aspecto diretamente relacionado à significação que é inerente à interação verbal é o valor apreciativo conferido às palavras da enunciação. Este valor se revela em parte no acento, ou entonação, que se atribui diferenciadamente às palavras e é determinado fundamentalmente pelas circunstâncias da situação. Em suas discussões sobre entonação apreciativa, é interessante observar a coincidência do exemplo retirado de 'O diário de um escritor' de Dostoievski, utilizado por Vigotski (1993, p. 326) e por Bakhtin (1997, p. 133). Neste exemplo, seis bêbados caminham pela rua e desenvolvem um diálogo peculiar utilizando uma única palavra que é proferida com entonações distintas. Vigotski discute a idéia de abreviação e reivindica a possibilidade de a entonação transmitir o conteúdo do pensamento, o que se manifesta por meio de formas abreviadas do discurso, neste caso uma única palavra caracteristicamente polissêmica. Bakhtin, por sua vez, discute neste exemplo o fato de as apreciações reveladas nas diferentes entonações serem inteiramente determinadas pela situação social imediata. Há evidentemente, entre os autores, concordância sobre a natureza social das formas de pensamento, revelada pela análise de Dostoievski. No entanto, é o fato de os sentidos de cada uma das falas serem determinados pelas entonações e não pelo significado potencial da palavra que nos importa para demarcá-lo como ponto de convergência entre as proposições desses autores. Para ambos, a significação se realiza na situação social e sua variabilidade é função de recursos lingüísticos outros, além daqueles que se encontram estabilizados em elementos sintáticos, semânticos e fonéticos. Nesta medida, o juízo de valor expresso, tipificado na apreciação e realizado nas diferentes formas de entonação, é um elemento simultaneamente presente no pensamento do sujeito e nas relações sociais das quais ele toma parte. Portanto, a entonação é um recurso lingüístico que nos dá informação sobre como as

relações sociais participam da formação do pensamento, ou seja, por meio dela é possível interpretar como o sujeito se posiciona no horizonte ideológico do seu interlocutor.

Cabe ainda destacar duas idéias de Bakhtin sobre o papel da apreciação na relação entre sentido e significado. Ele confere à apreciação o papel criativo nas mudanças de significação que se realizam por meio do deslocamento de uma determinada palavra de um contexto apreciativo para o outro (Bakhtin, 1997, p. 135). Assim, as alterações de significado das palavras devem ocorrer em razão da exposição do sujeito a contextos sociais nos quais os valores apreciativos atribuídos às palavras sejam diferentes. Este é um aspecto fundamental para compreendermos a idéia de contexto nas discussões sobre a organização do ensino. Reduzi-la ao cotidiano implica aceitar uma gradação apreciativa exclusivamente ditada pela esfera de comunicação e de atividades do grupo social imediato. Para conferirmos maior capacidade criativa aos alunos, parece-nos importante alargar suas esferas de comunicação e de atividades e fazê-los perceber a função de aparato técnico desempenhada pela significação que lhes permite interagir com diferentes grupos sociais, diferentes auditórios, em diferentes contextos. Não é porque esses aparatos técnicos apresentam contradições, ou mesmo diferentes graus de dificuldade para sua apropriação, que iremos reduzir as atividades de ensino a contextos sociais imediatos, em nome da facilitação da aprendizagem. Direcionar os alunos para a apropriação de dispositivos técnicos de diferentes grupos sociais exige fazê-los transitar por contextos sociais diversificados, fazê-los perceber o valor apreciativo conferido às significações por cada grupo social. Apesar de não ser tarefa trivial nem para o professor, nem para os próprios alunos, promover este trânsito nos parece prioritário para se pensar o currículo e a organização do ensino em sala de aula.

A segunda idéia vincula a evolução histórica dos sentidos e das significações à apreciação social. Bakhtin sugere que o alargamento do horizonte apreciativo de um dado grupo social é inteiramente determinado pela expansão da infra-estrutura econômica. Trata-se claramente de uma tese de inspiração marxista-engeliana. Na medida em que a expansão da base econômica afeta as

condições de existência humana, a expansão das fronteiras de conhecimento ocorre pela incorporação dialética dos novos elementos dessa existência que entram em contradição e luta com os antigos. Esta incorporação se realiza no plano social pela mediação da fala e é por meio dela que se dá a reavaliação desses elementos, ou seja, a mudança de lugar e a própria expansão do horizonte apreciativo do grupo social. No curso da evolução histórica, não há possibilidade para a estabilização permanente dos significados. Segundo Bakhtin, 'o resultado é uma luta incessante dos acentos em cada área semântica da existência. Não há nada na composição do sentido que possa colocar-se acima da evolução, que seja independente do alargamento dialético do horizonte social. A sociedade em transformação alarga-se para integrar o ser em transformação. Nada pode permanecer estável nesse processo. É por isso que a significação, elemento abstrato igual a si mesmo, é absorvida pelo tema, e dilacerada por suas contradições vivas, para retornar enfim sob a forma de uma nova significação com uma estabilidade e uma identidade igualmente provisórias' (ibidem, p. 136).

### Gêneros do discurso.

Vemos, portanto, que na teoria enunciativa a estabilidade de sentido e significado é descartada para dar lugar a uma perspectiva evolutiva. No entanto, existem sim elementos da interação verbal que carregam um caráter de constância, ainda que relativa. Estes são chamados de gêneros do discurso, ou tipos relativamente estáveis de enunciados que, por serem elaborados em diferentes esferas da atividade humana, têm caráter profundamente heterogêneo e diversificado (Bakhtin, 2000, p. 279). Se como vimos o enunciado tem um caráter individual, circunstanciado e situado, já entre os grupos sociais organizados em torno de atividades definidas se constituem tipos enunciativos relativamente estáveis. São estes tipos enunciativos que Bakhtin adota para o estudo da língua viva, isto porque ele está convencido de que o sujeito se apropria da língua por meio dos enunciados e não através de fonemas, palavras ou orações.

Em meio a grande diversidade de gêneros do discurso, literários, científicos, cotidianos, retóricos, políticos, artísticos, jurídicos etc., Bakhtin sugere uma categorização em termos de gêneros primários e secundários. A divisão se dá de acordo com o grau de complexidade e de evolução das formas de comunicação do grupo social. Durante a formação dos gêneros secundários, os gêneros primários são assimilados e transformados, perdendo sua relação imediata com a realidade existente e com a realidade dos enunciados alheios. Bakhtin parece admitir uma espécie de recontextualização dos gêneros primários durante este processo, pois ao sugerir a perda de vínculo imediato com a realidade, deve-se considerar que estes tipos enunciativos são transferidos para outros contextos, para outras esferas da realidade. O exemplo fornecido por ele para explicar a formação de um gênero secundário, considerado central para a compreensão da correlação entre língua, ideologias e visões de mundo, vem da literatura, de como o diálogo cotidiano e a carta são incorporados ao romance.

Para nós, importa compreender como o diálogo e os enunciados escritos da sala de aula formam tipos enunciativos relativamente estabilizados que permitam a este grupo social transitar das esferas de comunicação e de atividade mais simples, portanto das formas de comunicação mais próximas de gêneros primários, para esferas mais complexas. É pelo estudo da formação dos gêneros do discurso da sala de aula, no processo situado e socialmente circunscrito da interação verbal, que se devem encontrar os determinantes da aprendizagem e do desenvolvimento mental, já que estes são fenômenos de natureza eminentemente social e que se constituem na enunciação. Admitimos, portanto, o caráter heterogêneo e diversificado dos tipos enunciativos da sala de aula e simultaneamente queremos dirigir nossos esforços para compreender sua formação com o intuito de promover o trânsito dos estudantes em direção a horizontes conceituais mais complexos, ou seja, com o intuito de subsidiar a produção de formas enunciativas mais próximas de gêneros secundários, promovendo uma espécie de recontextualização dos gêneros primários.

Este trânsito em direção a horizontes conceituais mais complexos ocorre em meio a uma intensa disputa em torno do valor apreciativo das significações

que são alvos de atualizações constantes, conforme são transferidas de uma esfera de comunicação e de atividade para outra. A disputa não se dá apenas no plano semântico, mas nas próprias relações sociais estabelecidas entre os sujeitos que, quando participam de diferentes esferas da atividade humana, ocupam posições sociais distintas em cada uma delas e trazem para a arena da palavra tanto seus horizontes conceituais, como suas posições na hierarquia social. O processo de transição entre horizontes conceituais – que não implica necessariamente abandonar os aparatos técnicos de realização do sentido de quaisquer outras esferas de atividade humana a que pertence o sujeito – é, portanto, de natureza conflituosa e se estende para além das fronteiras do fenômeno cognitivo, para além dos processos mentais internos. Isto nos leva a redimensionar a própria natureza dos processos mentais a partir de uma abordagem interacionista de base sociológica e semiótica, recolhendo os princípios da teoria do enunciado, como a dialogicidade, a situacionalidade, a reciprocidade entre realidade objetiva e a palavra, a qualidade de fronteira interno-externo do signo, a determinação histórico-social sobre as formas de interação verbal, a ininterrupção da interação verbal, o endereçamento e o caráter responsivo do enunciado, a multiplicidade e heterogeneidade das vozes, o valor apreciativo das palavras, a instabilidade e a qualidade de dispositivo técnico da significação. A partir destes princípios e daqueles extraídos do pensamento de Vigotski, iremos construir ferramentas de análise para interpretar os processos de construção de significados e também organizar atividades de ensino mediadas pelo computador.

Nesta direção, consideramos extremamente fértil a síntese das idéias de Vigotski e Bakhtin produzida por Wertsch na elaboração da teoria da ação mediada, sobre a qual passamos a discorrer.

## **As contribuições de James Wertsch para os estudos socioculturais.**

James V. Wertsch, psicólogo estadunidense, freqüentou o círculo de Vigotski a partir de meados dos anos 70, quando teve chance de trabalhar diretamente com diversos contemporâneos de Vigotski, como Leontiev, Luria, El'konin, e também com pesquisadores que deram continuidade ao projeto de construção de uma psicologia marxista, dentre eles V.P. Zinchenko e Davydov. Entre meados dos anos 70 e meados dos anos 80, Wertsch viajou freqüentemente à extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) para realizar estudos sobre a abordagem sócio-histórico-cultural na psicologia. Desde então, ele tem publicado diversos artigos, livros e coletâneas e tem participado ativamente na editoria de revistas especializadas, como 'Mind, Culture and Cognition', bem como tem tomado parte na organização de sociedades científicas. Nosso intento aqui é apresentar as contribuições de Wertsch para a construção de um programa de pesquisa sociocultural que nos permita estudar a sala de aula de Química e as formas de mediação relacionadas a construtos como o objeto molecular, formas icônicas de aplicativos computacionais, em situações de ensino que, por concentrarem interesse específico de pesquisa, são planejadas de acordo com pressupostos da teoria da ação mediada. Em uma primeira aproximação, consideramos esta teoria uma síntese das discussões realizadas por Wertsch sobre o pensamento de Vigotski e Bakhtin. Como veremos adiante, outras influências marcaram de alguma maneira sua elaboração. Nosso percurso consiste em apresentar os textos compilados e escritos por Wertsch que tivemos acesso e a partir destes discutir as idéias principais para a formulação da teoria da ação mediada.

Dentre as primeiras contribuições de Wertsch para difundir no ocidente as idéias de Vigotski e de seus colaboradores, constam traduções de textos diretamente do russo, editadas por ele em 'The concept of activity in Sovietic Psychology', publicado em 1981. Já nesta obra, no capítulo introdutório, Wertsch nos dá uma amostra explícita de sua polêmica sobre qual seria o cerne do pensamento vigotskiano para os estudos da mente. Sem desconsiderar o conceito

de trabalho, de intervenção do homem na natureza e de interação entre humanos como princípios para desenvolver o conhecimento sobre a realidade, idéias marxista-engelianas que influenciaram fortemente Vigotski, Wertsch assevera que o interesse em problemas da semiótica marcou profundamente os estudos psicológicos de Vigotski. Nesta introdução já encontramos a influência de Bakhtin no seu trabalho, por meio de uma referência à Ivanov, que vê no papel conferido aos sistemas sígnicos na regulação da atividade humana, a influência do 'bem-conhecido semiótico' sobre o pensamento vigotskiano (Wertsch, 1981, p. 13). A proximidade entre as proposições de ambos os estudiosos, contemporâneos de um Estado em formação, de uma mesma cultura, de problemas de pesquisa tangenciais e de uma mesma perspectiva marxista na construção de seus programas de pesquisa certamente deve ter motivado Wertsch a enfatizar a perspectiva semiótica na sua interpretação original sobre o pensamento vigotskiano. É também desta perspectiva geral da semiótica, e não exclusivamente da lingüística ou da teoria da atividade, que estamos interessados em tratar o princípio da mediação para estudar os processos de construção de significados na sala de aula, particularizando-os para situações de estudo na presença do computador e sobre conteúdos das ciências da natureza.

#### Unidades de análise e ação mediada.

Após o texto editado a partir de artigos escritos pelos interlocutores soviéticos, Wertsch organiza em meados dos anos 80 uma segunda coletânea, desta vez, com contribuições de autores 'ocidentais'<sup>9</sup> interessados em estudar as contribuições de Vigotski sobre cognição, desde uma perspectiva comunicacional (Wertsch, 1985a). Wertsch observa que Vigotski não se dispôs a discutir conceitos marxistas, como mercadoria, alienação e consciência de classe, preferindo se inspirar nos métodos marxistas de análise e nas proposições sobre a origem social dos processos psicológicos. Diversos autores desta coletânea examinam as idéias de Vigotski sobre o desenvolvimento mental à luz de certas unidades de

---

<sup>9</sup> Nesta coletânea, há dois artigos escritos por Davydov e Radzikhovskii, e Zinchenko, focados na perspectiva da teoria da atividade.

análise e assim o debate sobre seus tipos e papéis na interpretação dos fenômenos de desenvolvimento mental volta a expor as divergências entre a abordagem semiótica, que toma o significado da palavra como unidade de análise, e a abordagem da atividade.

É particularmente importante conhecermos a posição defendida por Zinchenko (1985) para compreendermos as contribuições de Wertsch que nos interessam para o nosso estudo. Após examinar algumas exigências para a seleção de unidades de análise, como capacidade destas se desenvolverem ou de se transformarem no contato com o ambiente, Zinchenko sugere que Vigotski teria utilizado provisoriamente o significado da palavra como unidade de análise, pois como seu interesse se dirigiria para o estudo da consciência, e não teria se limitado ao estudo do pensamento caso não tivesse desaparecido precocemente, ele certamente buscaria nos princípios marxistas uma outra unidade compatível com os estudos da consciência. Pode-se verificar o suposto interesse de Vigotski por estudos da consciência no encerramento de 'Pensamento e Palavra', conforme já discutimos acima. No entanto, é também evidente o interesse de Vigotski pela linguagem. Seus primeiros estudos sobre o processo de criação em 'Psicologia da Arte' e todo seu esforço dedicado a interpretar a formação da fala interna são exemplos concretos de sua convicção da centralidade dos processos semióticos para o desenvolvimento humano.

Na elaboração de sua proposição sobre unidade de análise, Zinchenko observa que Vigotski se refere ao significado e ao signo como ferramentas psicológicas, conforme também já destacamos na discussão sobre o 'Método instrumental em psicologia'. No entanto, o primeiro, apoiando-se em Bakhtin, observa que nem toda ferramenta é dotada de significado, mas pode sim, ser dotada de propósito. Assim, as ações podem ser mediadas por ferramentas desprovidas de significado, mas plenas de propósito. Portanto, nem toda ferramenta pode funcionar como ferramenta psicológica<sup>10</sup>. Mas, se aquilo que se internaliza, ou seja, se converte de ação externa em ação interna, é o significado

---

<sup>10</sup> A distinção entre ferramenta e signo não foi esclarecida por Zinchenko.

da ferramenta, como explicar a internalização do significado de ferramentas que, na ação externa, são desprovidas de significado?

A solução proposta por Zinchenko está em considerar o conceito de 'significado do objeto', algo próximo ao *pseudoconceito* sugerido por Vigotski, que pode ser internalizado no processo de atividade conjunta, e para tal deve ser convertido em significado. O problema se recoloca agora em termos de como ocorre a transformação do significado do objeto em significado. Aqui, reside o aspecto criativo da proposição de Zinchenko ao sugerir que na externalização – o processo inverso da internalização – o significado, tendo se tornado mediador da atividade interna, torna-se simultaneamente protótipo para novos modos de atividade externa, ou seja, pode-se falar que ocorreu a transformação do significado do objeto em significado quando a ação externa é determinada não apenas pelo propósito, mas também pelo significado (Zinchenko, 1985, p. 102). Portanto, a internalização é averiguada em sua relação com a externalização, o que reforça o caráter de acoplamento entre os dois processos.

Esta é uma das argumentações para se adotar a *ação mediada por ferramenta* como unidade de análise dos processos mentais, descartando-se noções como função, capacidade, reações e mesmo significado. Esta concepção está de acordo com um princípio geral proposto por Vigotski de não separar, de não opor ação mental interna à ação material externa e já havia sido identificada por P.I. Zinchenko<sup>11</sup> no final dos anos 30, quando este investigou processos mnemônicos. Neste sentido, na proposição de que a ação interna não se separa da ação externa, deve-se admitir que ambas compartilham de uma estrutura comum, ou seja, de que o processo de internalização é o processo pelo qual ocorre a formação de uma estrutura interna e não a transferência da atividade externa ou de signos e ferramentas para um plano interno pré-existente. Isso nos sugere a ocorrência de uma tensão permanente entre os processos de formação de estruturas interna e externa, entre a realização da ação interna e da ação externa. Este é o sentido de acoplamento entre os dois processos. Disso também decorre a indistinção entre formas de mediação semiótica e instrumental. Portanto,

---

<sup>11</sup> P.I. Zinchenko é pai de Vladimir P. Zinchenko e foi colaborador direto de Vigotski.

a unidade de análise da consciência resulta na ação mediada por qualquer ferramenta, sem destacar a palavra ou qualquer signo em especial.

Outra linha de argumentação utilizada por Zinchenko se apóia na concepção de evolução histórica da atividade prática orientada ao objeto, que assume que esta atividade determina a gênese, a estrutura e o conteúdo da mente humana. Ele se apóia nas idéias discutidas por outros dois estudiosos soviéticos que também são autores da coletânea. Davydov e Radzikhovskii (1985) desenvolvem esta argumentação sugerindo que os sistemas semióticos emergem como produto da atividade prática. Para esses autores, os sistemas semióticos se constituem em uma forma específica deste tipo de determinação, mas não são a única. No entanto, eles também concordam que Vigotski não desenvolveu estudos nos quais a atividade prática<sup>12</sup> orientada a objeto ocupou o papel de unidade de análise, ou categoria explanatória geral, como preferem nomear. Esta é a linha geral de atuação desenvolvida por eles e pelos contemporâneos de Vigotski que deram origem à Teoria da Atividade. Sua argumentação para o fato de Vigotski não ter se ocupado diretamente da atividade como unidade de análise ou de estudos sobre a atividade prática se apóia em um suposto conflito entre dois projetos de Vigotski, um de natureza metodológica, que incluía os princípios marxistas, e outro de matriz psicológica, no qual o princípio de mediação por ferramentas psicológicas tomou relevo.

Esta exposição de Zinchenko é analisada por Wertsch (1985b) no livro em que ele discute os fundamentos do pensamento vigotskiano, sua obra e vida, uma espécie de síntese das idéias de Vigotski que serve para lançar os embriões da teoria da ação mediada. Na visão de Wertsch, a indistinção entre formas de mediação, por ferramentas e por signos, serve a um duplo propósito. Por um lado, Zinchenko se compromete em manter os princípios genéticos da ação mental, evocando formas de ação que contemplem o sentido, e particularmente ele se interessa pelo movimento sensório-motor. Por outro, ele reconhece que a mediação por signos transforma qualitativamente as ações práticas. Em nossa visão, Zinchenko está absolutamente comprometido com o princípio segundo o

---

<sup>12</sup> Vigotski (1996) realizou uma discussão geral sobre atividade prática em Psicologia do Adolescente.

qual o ser humano opera por dupla mediação e, portanto, a unidade de análise da consciência deve considerar as formas de mediação sem precedência, sem fazer prevalecer a ferramenta sobre o signo, ou vice-versa, no estudo do desenvolvimento humano. No entanto, sobre este ponto, estamos de acordo com Wertsch quando argumenta que 'qualquer descrição completa desta unidade teria de levar em consideração as propriedades únicas dos fenômenos semióticos' (1985b, p. 205). Portanto, o caráter mediado da ação deve considerar as especificidades dos fenômenos semióticos, sem o que não colocamos em relevo as autênticas formas de comportamento humano.

Particularmente, sobre os estudos da sala de aula de Química, é evidente a centralidade dos sistemas semióticos para o desenvolvimento conceitual dos estudantes. Conforme veremos adiante, o estudo da estrutura da matéria e da teoria molecular, em particular, nos remete a formas de representação sem as quais a elaboração de conceitos pelos estudantes torna-se praticamente inviável. Ainda com relação às formas icônicas de representação das partículas, estamos interessados em estudar a evolução da ciência Química, e particularmente de seus programas de pesquisa diretamente vinculados à representação estrutural da matéria (Araújo-Neto e Giordan, 2006). É certo que a iconicidade das representações surge anteriormente ao desenvolvimento das teorias das partículas e deste fato histórico é preciso compreender como se organiza e se desenvolve a esfera de comunicação e atividades dos químicos diante dos condicionantes da representação estrutural. Nestes termos, considerar as propriedades únicas dos fenômenos semióticos na formação de conceitos químicos é uma exigência teórica e metodológica.

No debate sobre a natureza da unidade de análise da consciência, Wertsch refuta o significado da palavra em razão de ela não permitir descrever adequadamente as relações inter-funcionais entre as funções mentais superiores e nisso ele afirma que a ação mediada por ferramentas cumpre um papel analítico importante para interpretarmos a dinâmica organizacional das relações inter-funcionais, aproximando-se, assim, da proposição de Zinchenko. Wertsch se compromete, portanto, em manter a centralidade do significado da palavra no

estudo da consciência e, para tal, sugere que o significado ou outras unidades semióticas sejam alçadas à posição de unidades de análise da mediação semiótica do funcionamento mental (Wertsch, 1985b, p. 208). Esta é uma outra proposição de Wertsch com a qual nos afinamos, ou seja, destacar outras formas de representação, além da palavra, e suas funções semióticas no estudo da mente e em particular na elaboração de significados.

À parte da crítica sobre a ausência de categorias analíticas relacionadas à atividade que acompanham os argumentos de fundo marxista elaborados pelos colaboradores diretos de Vigotski e por outros psicólogos soviéticos, Wertsch tece uma crítica pertinente à ausência de fatores sócio-institucionais na construção do quadro teórico-metodológico do programa de pesquisa de Vigotski. Este é talvez o principal ponto de conexão das idéias de Wertsch com princípios marxistas, no desenvolvimento do programa de pesquisa da ação mediada. Wertsch se mostra particularmente interessado em aproximar os fatores institucionais dos estudos da mente, situando as diferentes formas de atividade humana em um sistema de relações sociais. Sua preocupação com as determinações dos fatores culturais, históricos e institucionais sobre o desenvolvimento mental se transfere para outros estudos, conforme veremos adiante.

Na apresentação do conceito de atividade segundo Leontiev, ele discute os resultados de um estudo realizado na zona rural brasileira, no qual participaram crianças, mães e professoras (Wertsch, 1985b, p. 213-6), com o objetivo de observar as formas de organização da atividade a partir das diferenças entre os cenários de trabalho e de ensino. Os cenários, a despeito de serem fisicamente idênticos, sendo também constituídos pelos sujeitos participantes da atividade, apresentaram diferenças significativas entre si. Neste estudo, pares formados por uma criança e um adulto produziam uma cópia de paisagem rural a partir de um modelo. Sua interpretação para a existência de dois conjuntos de formas de organização desta atividade se apóia em um argumento sobre a diferença entre os níveis de escolarização das mulheres. No caso das mães que tinham até quatro anos de escolarização, as tarefas estratégicas foram executadas por elas e as crianças ocuparam o papel de observadoras. Já entre as duplas formadas por

professoras que tinham pelo menos onze anos de escolarização e ainda trabalhavam em escolas, as crianças desempenharam ativamente as tarefas estratégicas.

Para Wertsch, estas formas de organização da atividade refletem a interpretação que as adultas conferiram ao contexto situacional de realização da atividade. Apesar de o lugar, os objetos e objetivos da tarefa terem sido os mesmos, as mães com baixo grau de escolarização interpretaram a atividade desde uma perspectiva do mundo do trabalho; já as professoras interpretaram a atividade desde uma perspectiva do mundo escolar. Portanto, na criação do contexto situacional da atividade instrucional, as formas de organização das atividades variaram em função de fatores institucionais relacionados às relações de produção, como a própria forma de interação entre pares em atividades conjuntas. Assim, a partir da noção de atividade em Leontiev, Wertsch sugere que 'é somente pela construção de uma estrutura teórica dentro da qual os fatores sócio-institucional, interpsicológico e intrapsicológico estejam vinculados, mas não reduzidos uns aos outros, que será possível responder questões sobre as relações entre os contextos situacionais da atividade e o indivíduo' (ibidem, p. 216).

#### Heterogeneidade de vozes e elaboração de significado.

Apesar de os aspectos sócio-institucionais não estarem de todo ausentes nos estudos produzidos por Vigotski sobre o desenvolvimento mental, como se pode verificar nas pesquisas com adolescentes trabalhadores relatadas no capítulo 15 de 'Psicologia do Adolescente', Wertsch advoga por uma extensão que considera a noção de sentido, conforme discutida no final de 'Pensamento e Linguagem'. É neste aspecto que as contribuições de Bakhtin com os conceitos de vozes e dialogia podem conferir ao sentido um caráter determinado pelas propriedades semióticas das vozes e de sua inter-animação, de modo a especificar como as forças sócio-institucionais orientam, ao menos parcialmente, esta determinação. As formações enunciativas, sua situacionalidade, suas formas

de combinação e estabilização são elementos concretos que concorrem para interpretarmos como estas forças estão envolvidas na formação do sentido.

Além do caráter situado das formações enunciativas, outra extensão propiciada pelo conceito de vozes para compreendermos a formação do sentido diz respeito às formas de indexação não-referencial, já que as investigações de Vigotski sobre a formação da fala interna se limitaram a descrever as relações entre o signo e um referente. Wertsch está particularmente interessado em verificar como o sistema de crenças e valores atua na produção do sentido, ou seja, como formas de indexação da voz, caracterizadas por entonações ou pelo uso de signos que não se referem àquela voz, orientam a formação do sentido. A noção de situacionalidade da ação nos coloca o problema das relações entre o signo, ou sinal como preferiam, e os diversos elementos da situação, ou seja, para além da referencialidade, é preciso ter em conta outras formas de indexação potencialmente deflagradoras do sentido. Este é um tema de grande repercussão para a sala de aula, na medida em que temos observado uma larga variação de formas enunciativas não-indexadas, que são simplesmente descartadas, sem que ao menos se procure identificar sua origem. O fato de estas formas enunciativas não-indexadas manifestarem valores apreciativos sobre os critérios utilizados na resolução de problemas pode nos informar a respeito de como os estudantes conferem sentido aos meios mediacionais, ou aos dispositivos de pensamento, pertencentes a uma determinada esfera de comunicação e atividade. Portanto, a observação e a análise da evolução das formas enunciativas em situações estruturadas de ensino são meios potencialmente eficazes para se avaliar a elaboração de conceitos.

Vemos aqui estampada a tendência de Wertsch em valorizar os fatores semióticos na elaboração do protótipo da teoria da ação mediada a partir da idéia de ação mediada por ferramentas. Se no debate com Zinchenko, por um lado, ele reconhece as limitações da abordagem semiótica para interpretar as relações inter-funcionais na formação da consciência e concorda com os pressupostos da ação mediada, por outro lado, na crítica aos princípios semióticos utilizados por Vigotski, Wertsch também defende a necessidade de ponderar os fatores sócio-

institucionais na demarcação das propriedades semióticas e volta a destacar o signo em vista de outras ferramentas. No sentido de atingir um ponto de convergência entre as abordagens semiótica e da atividade, o conceito de vozes serve de esteio para incorporar as idéias de Bakhtin ao pensamento vigotskiano, no que diz respeito à perspectiva semiótica para a análise da ação mediada por ferramentas, e ao mesmo tempo serve de passagem para caminhar na direção de uma abordagem sociocultural da mente, que coloque em evidência os fatores sócio-institucionais. Segundo Wertsch, as vozes às quais o sujeito está exposto na vida social determinam certos aspectos fundamentais de como a realidade pode ser representada no plano interno (Wertsch, 1985b, p. 229-230). Esta abordagem amplia o sentido da natureza social da mente, de onde se pode conceber a interação entre pares e pequenos grupos, como na sala de aula, por meio da interação de vozes que habitam o horizonte conceitual desses sujeitos. Antes de nos aprofundarmos neste tema, é preciso considerar um outro traço relacionado à interface entre áreas de conhecimento que se ocupam dos estudos socioculturais.

Outra linha de argumentação seguida por Wertsch na proposição da ação mediada busca tecer princípios e conceitos derivados de outras áreas de conhecimento, além da psicologia e da semiótica, de modo a enfatizar a diversidade em lugar da uniformidade da ação mental, o que se torna inevitável diante do enfoque cultural, institucional e historicamente situado para a ação mediada. Ele defende a aproximação entre áreas de conhecimento por meio da elaboração de perguntas capazes de agregar interesses de pesquisa a ponto de que seja possível compartilhar metodologias de investigação sobre temas afins. É certo que tal compartilhamento é resultado de uma negociação em torno das definições de situação produzidas a partir de cada área de conhecimento. Se esta negociação se produz pela interação de pelo menos dois sujeitos com vistas a atingir um entendimento comum sobre a situação, então é necessário admitir que estes sujeitos transitam por esferas de comunicação e atividade que, sob certas circunstâncias, constituem tais áreas de conhecimento. O interesse mais evidente de Wertsch em conferir uma perspectiva sociocultural situada para a ação mediada está em investigar o vínculo essencial entre o cenário cultural, histórico e

situacional, por um lado, e as funções mentais do indivíduo, por outro (Wertsch, 1991, p. 48).

Este enfoque, que estamos chamando de trânsito disciplinar, é reiteradamente posto a lume no início de ‘Vozes da mente’ (Wertsch, 1991) e ‘Mente como ação’ (Wertsch, 1998). Na realização de seu programa de pesquisa, Wertsch debate com diversos estudiosos de outras áreas de conhecimento, como Filosofia, Sociologia, Antropologia, História, Educação, causando forte impressão sua capacidade de interlocução para entrelaçar conceitos e problemas de pesquisa dessas áreas de conhecimento com os estudos da mente. Na abertura destes dois textos, que consideramos os trabalhos mais representativos sobre a teoria da ação mediada, Wertsch recupera questões fundamentais sobre os estudos do comportamento humano, revelando seu empenho por se aproximar de outros programas de pesquisa para estabelecer princípios teóricos e metodológicos que viabilizem o trânsito disciplinar. Uma de suas estratégias é realçar o conceito de ação humana, sob uma perspectiva de não isolamento entre sujeito e ambiente, conforme se verifica em ‘Vozes da mente’:

“Quando se dá prioridade analítica à ação, os seres humanos são concebidos em contato com o ambiente, criando o ambiente e também a si próprios através de ações nas quais eles estão engajados. Portanto, a ação, mais do que os seres humanos ou o ambiente considerados separadamente, proporciona o ponto de entrada para a análise” (Wertsch, 1991, p. 8).

Sua abordagem se opõe à clássica separação entre indivíduo e ambiente, o que o leva a descartar aproximações de linha cartesiana para interpretar a mente a partir dos categóricos do sujeito e de linha comportamentalista, que fundamentam suas interpretações nos estímulos do ambiente. Na criação do ambiente e também de si próprios, os sujeitos utilizam-se de meios mediacionais internos e externos, por meio dos quais se realizam ações internas e externas. Poderíamos supor que a análise se realizasse a partir das ações ou dos meios mediacionais, mas se adotássemos um dos dois extremos, seria bastante provável termos de aderir, de pronto, a uma determinada perspectiva analítica disciplinar da

Sociologia, da Antropologia, da Psicologia, da Semiótica, antes de realizarmos as indagações necessárias sobre o cenário cultural, histórico e institucional. Assim, ao garantir a ação mediada como ponto de partida da análise, Wertsch busca compreender como as determinações destes fatores situacionais implicam a gênese do pensamento, como forma particular de ação interna, superando a cisão entre o sujeito e o ambiente, e ampliando os recortes analíticos disciplinares.

Uma decorrência imediata em refutar a separação entre sujeito e ambiente está, portanto, em reconhecer o caráter mediado de qualquer ação. Mesmo isoladamente, sem o contato com o outro, o indivíduo age por meio de ferramentas, sejam eles computadores, linguagens, sistemas numéricos e formas enunciativas. Neste sentido, um objeto de estudo específico é a análise comparativa entre formas de ação mediada por diferentes ferramentas externas com o intuito de verificar quais fatores funcionais da ferramenta gozam de prioridade para o sujeito empregá-la em uma determinada situação. Uma vez que estamos ampliando o rol de ferramentas para incluir aquelas relacionadas à elaboração de significados, torna-se analiticamente fértil alçar as formas enunciativas relativamente estabilizadas à categoria de ferramentas, ou meios mediacionais das ações, de modo a distinguir os fatores funcionais e também estruturais determinantes da realização da ação. Reconhecer que as interações verbais são mediadas por ferramentas desloca o foco de análise para observar como os sujeitos utilizam as formas enunciativas para produzir a interação. Especificamente nas interações verbais que ocorrem por meio do computador, é importante analisar os aspectos funcionais e estruturais dos enunciados que são determinantes da interação e procurar identificar quais elementos da interface de comunicação podem concorrer para destacar esses aspectos na interação.

Apoiado em Yuri Lotman (1988) e em sua concepção semiótica do texto, Wertsch sugere que os enunciados cumprem, de modo geral, duas funções principais. A primeira é derivada do modelo comunicacional de transmissão de informação, no qual o emissor transmite um sinal por meio de um canal para o receptor que o decodifica. Neste modelo, as informações são encapsuladas nas palavras e estas são unidirecionalmente transmitidas para o receptor. Desta

forma, procura-se garantir que os meios de transmissão e o processo de decodificação não afetam o significado produzido pelo receptor, ou seja, que não existem ruídos ou imperfeições nas etapas de encapsulação, transmissão e decodificação. Lotman compara este modelo de transmissão perfeita à cadeia de impulsos bioquímicos que regulam o processo psicológico dentro de um único indivíduo (Lotman, 1990, p. 68), o que nos serve de medida para reconhecemos sua crítica à perspectiva passiva que ocupa o receptor neste modelo. Esta é a chamada de função unívoca do enunciado.

A segunda função é a responsável pela produção de novos significados, para a qual Lotman reservou um termo próximo ao utilizado por Bakhtin para se referir ao significado. Para Lotman, o texto exerce a função de 'dispositivo de pensamento' que se realiza em razão de sua qualidade estrutural de ser internamente heterogêneo, ou na aproximação utilizada por Bakhtin, de conter mais de uma voz. Os processos de elaboração de significado ocorrem em consequência da interação entre camadas semióticas heterogêneas de um texto, ou pela inter-animação de vozes dentro de um enunciado. Esta é a chamada função dialógica do enunciado.

Tomando o enunciado como caso particular de texto, assim como o faz Lotman, admite-se que para cumprir a primeira função será necessário que os enunciados tenham um grau máximo de univocalidade. Por outro lado, deve-se considerar a heterogeneidade interna como uma propriedade dos enunciados, cuja função é gerar novos significados. Ao discutir a noção de dualismo funcional, Wertsch sugere que os enunciados podem cumprir simultaneamente estas duas funções, o que implica reconhecer uma tensão dinâmica entre ambas (1991, p. 79). Para a perspectiva sociocultural da ação mediada, a forma como se estabelece a tensão dinâmica entre as duas funções do enunciado é característica da situação e, portanto, de seus aspectos cultural, histórico e institucional.

É basicamente nesta direção que reconhecemos as contribuições de Wertsch em incorporar construtos da teoria do enunciado de Bakhtin para interpretar a elaboração de significado como uma ação mediada. Wertsch se orienta pela perspectiva dialógica e inclui as noções de vozes, gêneros do

discurso na sua concepção de situacionalidade da ação mediada para dar conta dos aspectos culturais, históricos e institucionais envolvidos na significação. Nesta perspectiva, como já observamos, o significado é decorrente de um processo interativo e não pode ser isolado em um sujeito alienado do seu grupo social. A significação no sujeito se dá por meio de ferramentas que ele empresta do seu grupo social para utilizá-las em situações variadas, de acordo com funções específicas que elas possam desempenhar. Esta significação reflete, portanto, a situacionalidade cultural daquilo que o sujeito procura compreender, não existindo possibilidade de destilá-la, de eximi-la dos condicionantes institucionais, como o lugar social ocupado pelo sujeito, e dos condicionantes históricos da situação.

Wertsch aprofunda a noção de ferramenta ao tratar as formas enunciativas como exemplo deste categórico. É neste sentido que ele pretende estender a analogia empregada por Vigotski para comparar ferramentas técnicas e ferramentas psicológicas, incorporando a noção de voz e dialogia de Bakhtin. Assim, os estudos comparados entre as ações internas e externas mediadas pelos enunciados e as ações internas e externas mediadas por outras ferramentas se realizam em uma mesma perspectiva teórico-metodológica. Um exemplo de como Wertsch procede nesta extensão é a analogia da 'caixa de ferramentas'<sup>13</sup> para ilustrar 'a interpretação das diferenças grupais e contextuais na ação mediada em termos do ordenamento dos meios mediacionais aos quais as pessoas têm acesso e em termos do padrão de escolha que elas manifestam na seleção de um meio particular em uma ocasião particular' (Wertsch, 1991, p. 94). Assim, a caixa de ferramentas é de onde o agente retira as formas enunciativas relativamente estabilizadas para empregá-las na interação verbal que se estabelecem com outros agentes em situações específicas.

O emprego desta analogia serve para introduzir a noção de heterogeneidade de vozes de Bakhtin na discussão sobre significado. Nesta passagem do texto, Wertsch está particularmente interessado em compreender *como* o agente produz significado e polemiza com programas de pesquisa que investigam se o indivíduo *tem* um conceito ou esquema particular. Ele critica a

---

<sup>13</sup> O termo originalmente empregado é *tool kit*. Optamos pela tradução por caixa de ferramentas, pois Wertsch faz alusão direta ao termo *tool box* usado por Wittgenstein em 'Investigações Filosóficas'.

hipótese sobre o suposto paralelismo entre as funções mentais de adultos de culturas tradicionais e as funções mentais de crianças nas culturas ocidentais modernas. Sua intenção aqui é mostrar como se dá o encontro de vozes e o fato de as produções enunciativas revelarem a existência de uma variedade de formas qualitativamente distintas de representar e agir sobre o mundo. Neste sentido, ele sugere que '[as diferenças nas funções mentais desses grupos] podem ser interpretadas em termos de como os sujeitos reconhecem e criam contextos pelo uso de vários itens da caixa de ferramentas' (ibidem, 95-96). Com esta aproximação, ele também sustenta a proposição sobre o caráter de dispositivo de pensamento da enunciação internamente heterogênea, estruturada pela interanimação de vozes, e sua função dialógica no processo de elaboração do significado.

Wertsch apresenta um segmento de aula de ciências do ensino infantil como exemplo para ilustrar sua perspectiva teórica sobre a significação e também seus procedimentos analíticos para interpretar a situação (ibidem, 136-140). O exemplo oferece uma ótima oportunidade para se observar o movimento do discurso na sala de aula, concomitante às alternâncias de turnos de fala entre a professora e os alunos, e também para observar uma característica importante desse gênero de discurso instrucional da sala de aula, sua heterogeneidade. Num primeiro momento, ele analisa os enunciados em termos de seus conteúdos semânticos referenciais e expressivos. A aluna utiliza sua história de vida e as características pessoais para se referir ao objeto, enquanto a professora se baseia em propriedades sensoriais do objeto, que são referidas sempre em oposição na forma de perguntas. Em seguida, ele identifica a motivação da atividade na intencionalidade da professora em organizar a atividade segundo um gênero de discurso que deve ser usado para descrever os objetos a partir de suas propriedades. É este gênero que a professora reverbera em seus enunciados, conferindo-lhes a função de univocidade. No entanto, a despeito de ela fazer uso deste gênero para organizar a atividade, retirando dele a maior parte dos seus enunciados, e orientar a atividade para o desfecho de transferi-lo para a voz do aluno, os enunciados também apresentam funções de dialogicidade, quando a

professora reverbera a voz dos alunos, da mãe de um deles e também quando cita o dicionário. Este é o outro momento da análise, no qual Wertsch identifica as formas composicionais dos enunciados em termos da presença e da relação entre as vozes no seu interior.

Seu objetivo neste exemplo é mostrar como ocorre, por meio de um tipo de negociação, a mudança de perspectiva referencial ao objeto na criança, desde uma descrição baseada na sua história de vida e nas características pessoais que ela confere ao objeto para uma descrição baseada em propriedades do objeto que são introduzidas pela professora. Wertsch assume a prática analítica de descrever a situação, destacando dos enunciados as marcas discursivas que o agente utiliza na medida em que a interação se desenvolve, ajuntando a cada uma dessas marcas discursivas uma categoria de análise própria da teoria dialógica para elaboração de significado. Um exemplo de marca discursiva é a pergunta com função diretiva que opõe duas propriedades do objeto. O poder de argumentação da descrição do movimento discursivo se revela na identificação das funções de cada uma dessas marcas com as etapas da atividade que se desenrola na sala de aula. Este recurso fica evidente na categorização das fases de negociação discriminadas pela numeração dos enunciados. Como a atividade traz o fator tempo implícito no seu desenvolvimento, sugerimos que um dos elementos importantes no esquema analítico de Wertsch é sua capacidade de articular a dinâmica temporal da atividade com o movimento discursivo da sala de aula. Um outro elemento importante para conferir poder de argumentação à análise é a identificação funcional das formas enunciativas e sua relação com as práticas de cada grupo social. Este expediente analítico permite interpretar, por um lado, como ocorre a negociação sobre o sentido da interação, ou seja, como os fatores de ordem pessoal ou institucional implicam a seleção e o uso de determinadas formas enunciativas pelos agentes de modo a lhes facultar a disputa pela condução do movimento discursivo. Por outro lado, é possível analisar qual é o nível de coerência entre a seleção e uso das formas enunciativas, e as funções que elas desempenham no curso da ação.

O fato de esta prática analítica e de a perspectiva teórica subjacente priorizarem o *como* do processo de significação não implica esvaziar a discussão sobre os níveis de apropriação das formas enunciativas e de seu uso para a elaboração de significados. No entanto, é preciso insistir na necessidade de se conhecer as formas de produção de significado na diversidade das situações e frear o ímpeto para encontrar soluções precipitadas nos esquemas invariantes, especialmente quando se promove o trânsito do sujeito por diferentes esferas de comunicação e atividade. Focar a análise na descrição das situações traz a prática benéfica de estabelecermos comparações entre as estratégias de organização das atividades de ensino e seu aperfeiçoamento para orientar o sujeito na seleção e na utilização das ferramentas desejáveis. De qualquer forma, a questão que se coloca não é sobre *quantos* conceitos o sujeito aprende, mas sobre *qual* seu nível de domínio sobre as ferramentas e em última instância sobre as ações mediadas. Para tratarmos deste tema, que diz respeito à noção de internalização, vamos passar a discutir as idéias sobre ação mediada apresentadas em 'Mente como Ação' (Wertsch, 1998).

#### Internalização como domínio e apropriação.

Conforme vimos acima, na proposição sobre a ação mediada, Wertsch se orienta por uma perspectiva que denominamos de trânsito disciplinar, na qual ele busca tecer princípios e conceitos derivados de outras áreas de conhecimento, além da Psicologia e da Semiótica, para interpretar os processos mentais. É também com este intuito que ele vai se apoiar em Kenneth Burke, filósofo que realizou estudos sobre a ação humana analisando obras literárias. Wertsch vai buscar em Burke alguns conceitos utilizados para analisar a ação humana, que ele desenvolveu para estudar o dramatismo em 'Uma gramática dos motivos'. Uma aproximação importante com os princípios da ação mediada é o fato de Burke considerar linguagem e pensamento como modos de ação (Burke, 1969, p. xxii). No entanto, Wertsch destaca o vigor metodológico deste filósofo, reconhecido por estudiosos de diversas áreas do conhecimento, como uma das suas razões para

tomá-lo como referência nos estudos da ação humana (Wertsch, 1998, p. 11-12), revelando novamente sua propensão em realizar o trânsito disciplinar pelo compartilhamento de princípios metodológicos.

Em uma de suas discussões sobre metodologia, Burke assevera que ‘cada pergunta seleciona um campo de batalha e nesta seleção se forma a natureza das respostas’ (1973, p. 67). Além disso, a seleção se realiza sempre a partir de uma perspectiva, formada por princípios e regras que orientam os procedimentos de análise. Portanto, nenhuma resposta está isenta de um doutrinamento previamente estabelecido. Já no estudo sobre o dramatismo, ele expõe de início a vinculação entre os princípios e as perguntas que orientaram sua investigação, da seguinte forma:

‘Nós usaremos cinco termos como princípios geradores da nossa investigação. São eles: Ato, Cena, Agente, Agência, Propósito. Em uma exposição coerente sobre os motivos, você deve ter algum tipo de palavra que nomeia o *ato* (nomeia o que ocorreu no pensamento ou na ação) e outro que nomeia a *cena* (o pano de fundo do ato, a situação na qual ele ocorreu); você deve, também, indicar qual pessoa ou tipo de pessoa (*agente*) realizou o ato, quais meios ou instrumentos ele usou (*agência*), e o *propósito*. Os homens podem discordar violentamente sobre os propósitos por trás de certo ato, ou sobre o caráter da pessoa que o realizou; ou eles podem insistir em empregar palavras totalmente distintas para nomear o próprio ato. No entanto, da forma como for, qualquer exposição completa sobre os motivos oferecerá *algum tipo de* respostas para estas cinco perguntas: o que foi feito (ato), quando ou onde foi feito (cena), quem fez (agente), como ele fez (agência), e por que (propósito)’ (Burke, 1969, p. xv).

O que ele chamou estritamente de ‘gramática dos motivos’ foi o enfoque sobre a ação à luz de cada um dos termos isoladamente, o que se realiza em uma perspectiva disciplinar, ou por janelas terminológicas, a partir de princípios e regras extraídos de uma determinada área de conhecimento. Assim, a seleção de um dos elementos deste pentagrama depende de sabermos qual área de conhecimento melhor caracteriza este elemento. Ainda assim, os elementos estão sujeitos a ambigüidades, sobreposições e transformações quando enfocados sob diferentes perspectivas disciplinares, porque os termos empregados são ambíguos, se sobrepõem e se transformam. Ainda que existam descrições mais

completas da ação e dos motivos do que outras descrições, nenhuma delas isoladamente dá conta de todos os aspectos da ação humana. De qualquer modo que se proceda, a descrição é parcial, porque se seleciona um fragmento da ação, porque se analisa por uma janela terminológica. Este impasse poderia nos fazer buscar uma aproximação que não fosse ofuscada pela terminologia, mas tal intento seria em vão. Segundo ele, ‘nós *devemos* usar janelas terminológicas, já que não podemos dizer nada sem empregar termos; qualquer deles que usemos, eles necessariamente constituem um tipo correspondente de janela, e qualquer janela necessariamente dirige a atenção para um campo em lugar de outro’ (Burke citado por Wertsch, 1998, p. 17).

Segundo Wertsch, a solução para o impasse está em coordenar, de alguma forma, as perspectivas oferecidas por esses elementos. Wertsch acompanha Burke na crítica a essa conduta analítica de focar a realidade por meio de janelas terminológicas disciplinares, e sugere uma abordagem que seja capaz de vincular perspectivas, sem reduzi-las, umas às outras (Wertsch, 1998, p. 7). Esta abordagem está expressa na conduta metodológica de tratar os elementos do pentagrama como construtos hipotéticos, considerando suas possibilidades de transformação e faixas de combinação, e, então, analisar como esses construtos podem interpretar as ações humanas e seus motivos (Burke, 1969, p. xvi), o que implica, portanto, rejeitar os elementos do pentagrama como simples reflexos da realidade. Neste sentido, a investigação passaria a ser conduzida por uma ferramenta, o pentagrama, que ao vincular os cinco elementos permitiria uma análise multifocada e integrada da ação humana e de seus motivos.

É provável que a complexidade desta análise multifocada pudesse inviabilizar o estudo, com o risco ainda de torná-lo superficial e relativista. É neste ponto que Wertsch identifica a ação mediada como construto capaz de manter a dialética entre o agente e o instrumento, pois ao considerarmos a tensão *agentes-agindo-com-ferramentas-culturais* como unidade de análise, podemos nos manter comprometidos com o princípio de investigar a ação, situando-a em seu contexto cultural e institucional. Para tanto, é preciso reconhecer que a tensão irreduzível ‘agentes - ferramentas culturais’ (agência, na terminologia de Burke) pode ser

representativa da ação mediada, e pode, portanto, ser adotada como uma unidade de análise capaz de interpretar satisfatoriamente ações humanas diversificadas, como por exemplo, aquelas que se realizam na escola.

Observa-se, portanto, a adesão de Wertsch à teoria da ação humana desde a perspectiva sociocultural que ele já havia anunciado em 'Vozes da Mente'. No entanto, há algumas contribuições explícitas para a teoria da ação mediada que a distingue da aproximação pelo viés dos estudos literários e da dramaturgia realizados por Burke, para além do debate sobre trânsito disciplinar. Wertsch está comprometido em romper com o isolamento do sujeito nos estudos socioculturais. Nesta medida, ele coloca em destaque estudiosos como 'Vigotski, Dewey, Burke, Bakhtin e Lukes [que] claramente divergem sobre muitos assuntos. No entanto, um assunto sobre o qual todos eles concordariam é a necessidade de ir além do indivíduo isolado quando se tenta compreender a ação humana, incluindo a ação mental e comunicativa' (Wertsch, 1998, p. 19).

Em 'Mente como ação', as novas contribuições de Wertsch para os estudos dos processos de elaboração de significado se encontram na sistematização de algumas propriedades importantes da ação mediada, dentre as quais se destaca a interpretação do processo de internalização a partir das noções de domínio e apropriação. Inicialmente, devemos ter em consideração que a noção de internalização se aplica à perspectiva da ação mediada e enquanto tal está relacionada ao uso de ferramentas culturais e aos problemas de pesquisa abordados sob esta perspectiva. Neste sentido, é preciso lembrar a permanente tensão que se procura estabelecer entre os processos mentais e as ações externas, de modo que nesta aproximação não se pode conceber processos internos como opostos aos processos externos, ou ainda adotar o dualismo mente-corpo para tratar da internalização.

A noção de internalização adotada por Wertsch está diretamente vinculada ao conceito de domínio, ou '*saber como* usar habilmente o meio mediacional' (ibidem, p. 50). Adotar os conceitos de domínio e saber-como nos permite eliminar algumas noções que o conceito de internalização encerra, como por exemplo, trazer para o plano interior uma função que se executava no plano exterior.

Wertsch admite que algumas funções, ou talvez a maioria, não são internalizadas, o que é uma hipótese também admitida por Zinchenko, conforme vimos acima. Nestes casos, 'a ferramenta externa faz seu trabalho nos permitindo reduzir o problema a uma série de tarefas padrão reconhecidas, as quais nós podemos facilmente executar' (ibidem, p. 51). O exemplo ilustrativo é a multiplicação de números contendo diversos algarismos, que nunca chega a ser completamente internalizada. O que ocorre neste caso, está mais próximo àquilo que podemos chamar de domínio de uma ferramenta cultural, o algoritmo da multiplicação.

Outros casos podem ser admitidos nesta perspectiva, como, por exemplo, a utilização da equação química para obter quantidades específicas da matéria em uma transformação. É bem sabido que os químicos operam com algoritmos para resolver problemas de cálculos de quantidade de matéria e muito raramente são capazes de internalizar completamente o processo estequiométrico. Este é um dos problemas mais interessantes no estudo do desenvolvimento do pensamento químico escolar, para o qual a noção de ferramenta cultural pode aportar diversas contribuições. Wertsch defende a idéia de que o uso de ferramentas culturais particulares conduz ao desenvolvimento de habilidades específicas, ou seja, neste caso, a utilização da equação química juntamente com o princípio de conservação da matéria nos leva a desenvolver o raciocínio proporcional para realizar os cálculos químicos. Esta proposição não inviabiliza a possibilidade de existir habilidades genéricas ou inteligência, mas nos serve para indicar que há um erro na aproximação de se tentar desenvolver habilidades gerais por meio de um conjunto particular de ferramentas culturais (1998, p. 46), ou seja, não é possível garantir que o raciocínio proporcional usado na resolução do teorema de Tales seja utilizado como habilidade geral para realizar cálculos químicos.

No caso dos cálculos químicos, depois de reconhecer as variáveis da equação química na aplicação da lei de conservação da matéria, é preciso saber usar a equação química para reconhecer a relação de proporcionalidade entre reagentes e produtos, o que normalmente é tratado como lei específica, ou lei das proporções definidas. Neste caso, os reagentes e produtos, que são representados na equação química pelas fórmulas químicas das substâncias,

devem ser convertidos em quantidades de matéria, aplicando-se uma outra lei, ou também chamada hipótese de Avogadro. Depois dessas aplicações, que envolvem raciocínio proporcional, o aluno deve saber usar a própria relação de proporcionalidade numérica para saber como variam as quantidades de matéria de reagentes e produtos. Trata-se, portanto, de um conjunto de relações de proporcionalidade derivadas do uso da equação química. Neste sentido, não nos parece produtivo discutir o fato de o aluno ter internalizado o raciocínio proporcional no contexto do cálculo químico, pois tanto o algoritmo da lei das proporções definidas, quanto o de conservação da matéria se servem necessariamente da equação química. Parece-nos mais adequado tratar tanto do domínio da equação química, quanto do domínio do raciocínio proporcional entre quantidades de materiais.

A equação química, devido ao seu poder de síntese e de combinação de elementos semióticos originais, merece um estudo à parte à luz da perspectiva sociocultural. A possibilidade de utilizá-la para se referir ao mundo macroscópico e microscópico já desperta uma série de questões do ponto de vista da investigação da interação verbal na sala de aula. Em função das propriedades sensoriais, os fenômenos macroscópicos são mais facilmente descritos por enunciados que ele empresta de caixas de ferramentas construídas em esferas de comunicação e atividade que lhes são familiares. Já os fenômenos microscópicos, dada, talvez, à sua inacessibilidade pelos órgãos do sentido, não encontram um conjunto de enunciados nas mesmas caixas de ferramentas. Neste sentido, a equação química é uma ferramenta cultural por meio da qual se pode estudar as formas de combinação de formas enunciativas selecionadas de diversas caixas de ferramentas, ou ainda, que pode mobilizar a inter-animação de vozes enunciadas sob diversas esferas de comunicação e de atividade. O desafio para um estudo sociocultural da formação do pensamento químico escolar está em desenvolver uma metodologia que coloque em relevo as formações enunciativas sobre a transformação da matéria, desde a organização das atividades de ensino, passando pelo registro das interações verbais para caminhar na direção de identificar as vozes, suas formas de contato e de interpretar o processo de

elaboração de significados, a partir dos níveis de domínio de ferramentas culturais estruturadoras desse pensamento.

Saber usar uma ferramenta cultural não implica necessariamente que o agente tome-a como sua própria, como parte de seu horizonte conceitual. Ele pode simplesmente utilizá-la, com diferentes níveis de destreza, em situações determinadas por fatores sócio-institucionais que a exigem, sem que ele reconheça valor de uso da ferramenta em outras esferas de comunicação e de atividade que ele participa. No exemplo da equação química, sua utilização pode ficar restrita às situações de sala de aula para resolver certos problemas, sem que o aluno reconheça sua aplicabilidade ou mesmo utilize suas funções para resolver problemas em outras esferas de comunicação e atividade, como por exemplo, nas aulas de biologia ou física, ou ainda para interpretar informações veiculadas pela mídia e fenômenos que ocorrem na cozinha da sua casa. De certa forma, a possibilidade de transitar entre diferentes esferas de comunicação e de atividade está relacionada a uma outra forma de internalização, chamada por Wertsch de apropriação.

A idéia de apropriação é inspirada em Bakhtin (1981). *Prisvoenie* [svoi], do russo, é relativo ao processo de tomar algo do outro e torná-lo seu, próprio. 'No sistema de Bakhtin, por definição, nós somos todos alheios [chuzhoi] uns aos outros: cada um de nós tem sua própria [svoi] linguagem, ponto de vista, sistema conceitual que para os outros é alheio [chuzhoi]. Ser alheio torna o diálogo possível' (Holquist e Emerson, 1981, 423). Bakhtin concebe a linguagem e os enunciados em meio a necessária e sempre presente tensão entre *chuzvoi* e *svoi*; de fato, 'como algo vivo, sócio-ideologicamente concreto, a linguagem, para a consciência individual, situa-se na fronteira entre o eu e o outro' (Bakhtin, 1981, p. 293). Isto significa que a palavra pertence parcialmente ao outro e para o indivíduo tomá-la para si, para se apropriar dela, ele deve carregá-la com suas próprias intenções, adaptá-la às suas intenções semânticas e expressivas, imprimindo-lhe seu próprio acento:

'Previamente a este momento de apropriação, a palavra não existe em uma linguagem neutra e impessoal ..., mas em lugar disso, ela existe nas bocas

das pessoas, nos contextos de outras pessoas, servindo às intenções de outras pessoas: é dali que se deve retirar a palavra e se apropriar dela' (Bakhtin, 1981, p. 293-4).

Esta idéia de apropriação nos é extremamente útil e verossímil para interpretar aquilo que pode ser identificado como resistência em realizar o trânsito entre esferas de comunicação e de atividade, cuja origem ou razões estão profundamente vinculadas à dinâmica das interações verbais e da organização das atividades nos diferentes contextos sócio-institucionais. Para além de fatores puramente internos, de natureza fisiológica, a noção de apropriação lida com aspectos das relações sociais, das formas de interação, das intenções, dos critérios de valor envolvidos, que nos parecem fortemente condicionantes do processo de elaboração de significados.

Wertsch diferencia claramente domínio de apropriação, duas formas de internalização. É possível que alguém domine, mas não se aproprie de uma ferramenta cultural, como é possível também que domínio e apropriação estejam correlacionados em alto ou baixo grau. Os critérios de diferenciação estão definidos pelo comprometimento, resistência, autonomia do agente em executar ações com propósitos específicos. Esta perspectiva também nos traz a possibilidade de analisar aspectos estruturais e funcionais da organização da atividade de ensino em um plano exterior de tal modo a identificar razões para se observar diferentes níveis de domínio e de apropriação. Para tal, é necessário privilegiar cenários de investigação nos quais as atividades sejam suficientemente diversificadas, permitindo inclusive a transferência para o aluno do controle sobre elas, no sentido de observar quais fatores favorecem ou impedem o povoamento dos enunciados retirados das variantes dos gêneros do discurso da química escolar com as intenções do aluno. Assim, em lugar apenas de organizar atividades para resolução de problemas, cujas ações mediadas nos forneceriam informações sobre os níveis de domínio da ferramenta cultural, é preciso também estruturar atividades para o aluno delimitar problemas que tangenciem outras esferas de comunicação e de atividade. Neste cenário, parece-nos legítima a

investigação sobre níveis de apropriação das ferramentas culturais forjadas na constituição das esferas de comunicação e de atividades da Química.

Outra forma de incorporarmos as noções de domínio e de apropriação às situações de sala de aula é verificar o valor atribuído pelo sujeito a uma determinada ferramenta cultural. Para aferir este valor, é importante considerar a diferença existente entre valor de uso e valor de troca da ferramenta nas ações mediadas, tendo por suposto o conjunto das relações sociais estabelecidas na sala de aula. Estes valores são visíveis na forma como os propósitos da ação são negociados por aluno e professor. A mútua validação dos propósitos de um e de outro nos indica quão mais próximo o aluno está de dominar ou de se apropriar de uma ferramenta cultural.

Na medida em que na negociação dos critérios de uso da ferramenta se considere apenas o valor de uso atribuído pelo professor, o aluno somente poderá dominar a ferramenta, pois, nestes casos, o valor de troca da ferramenta para o aluno se sobrepõe ao valor de uso, já que na negociação e, portanto, na própria ação, prevalecem os critérios de valoração derivados do propósito do professor. Ou seja, o aluno não toma como 'seu próprio' o valor de uso atribuído pelo professor à ferramenta, ele não compartilha do valor de uso, mas apenas do valor de troca da ferramenta cultural. O aluno 'compra' o propósito do professor com o valor de troca da ferramenta cultural. Portanto, quando o aluno age com a ferramenta cultural orientado pelo propósito do professor, ou ainda quando o propósito é basicamente definido pelos critérios de uso da ferramenta decididos pelo professor, então 'o saber usar a ferramenta' não ultrapassa certo grau de domínio da ferramenta.

No outro extremo da negociação dos critérios de uso da ferramenta, quando o aluno transfere o valor de uso da ferramenta para seu propósito na ação, de modo a negociá-lo com o propósito do professor, ele 'compra' o propósito do professor com o valor de uso da ferramenta.

A decorrência direta de se adotar esta perspectiva situada para investigar a sala de aula resvala na idéia de trânsito disciplinar, nesta concepção de que as esferas de comunicação e de atividade são criadas por grupos sociais

organizados sob condicionantes institucionais, históricos e culturais. Esta concepção nos serve tanto para organizar os estudos sobre a elaboração de significados na sala de aula, formulando questões de pesquisa e criando metodologias de investigação que nos permitam dialogar e transitar por diferentes áreas de conhecimento, como para conceber a própria estruturação das atividades fins deste cenário, ou seja, adotar a perspectiva de que a elaboração de significados na sala de aula ocorre a partir do trânsito entre esferas de comunicação e de atividades, que amplia os horizontes conceituais dos alunos.

É nesta direção que estamos transitando para nos apropriar da teoria da ação mediada com o intuito de investigar e promover a aprendizagem na sala de aula. Na próxima seção, passamos a indicar mais especificamente nossos interesses em estudos sobre o processo de elaboração de significado e sobre o uso de computador na sala de aula de química.

### **A perspectiva sociocultural nas investigações sobre elaboração de significados na sala de aula de ciências e na presença do computador.**

Uma das questões centrais sobre a organização do ensino na sala de aula que tem sido recorrentemente debatida nos fóruns acadêmicos, nos órgãos oficiais de ensino e nas escolas diz respeito exatamente aquilo que se deve ensinar. Duarte (2000), em sua análise do 'manuscrito de 1929' de Vigotski, defende a adoção de formas superiores de pensamento e de conhecimento nas práticas escolares, apoiando-se na argumentação de que a forma superior é aquela que confere sentido a cada etapa particular do processo de desenvolvimento, que é de todo útil para justificar os procedimentos metodológicos para estudos científicos. Adotar esta posição acriticamente para justificar procedimentos metodológicos na sala de aula pode significar a redução do processo de compreensão do desenvolvimento do conhecimento humano, na perspectiva ontogenética, ao processo de compreensão do desenvolvimento da

ciência, na perspectiva sociogenética, e ainda crer que esta transposição se desdobra em formas de organização do ensino, cujo sentido seria então ditado pelas formas superiores de pensamento. Aqui, há dois aspectos que devem necessariamente ser considerados com mais vagar.

É certo que as formas superiores de pensamento e seus conteúdos associados são prioritários quando se trata de organizar o currículo escolar. Esta prática combate o esvaziamento de conteúdo mencionado por Duarte. Neste sentido, o princípio marxista se contrapõe à onda de esvaziamento curricular que se tem observado com as teses metacognitivas do 'aprender a aprender', principalmente quando se toma o que já se sabe como fator orientador da aprendizagem. No entanto, as estratégias de organização do ensino que incentivam o aluno a descobrir a partir de sua própria vivência as intrincadas relações de causa-efeito e os fatores que controlam e correlacionam variáveis, ainda que orientadas pela problematização extraída dos fenômenos cotidianos, têm uma limitação severa quanto à capacidade de sustentar a aprendizagem. Isto porque, de modo geral, a estrutura das atividades desenhadas a partir dessa perspectiva não contempla os entes mediadores capazes de promover a resignificação do fenômeno desde a perspectiva da ciência, ou seja, o conceito. Sem a abstração dos conceitos científicos não há possibilidade de se desenvolver formas superiores de pensamento. Sem atividades estruturadas de ensino, não há como transpor os conceitos científicos para a sala de aula.

Um exemplo dessas limitações pode ser visto na análise dos efeitos do Relatório Plowden sobre o sistema educacional britânico, realizada por Edwards e Mercer. Estes autores observaram que a organização do ensino no início da década de 1980 estava apoiada em criar condições para que os alunos descobrissem as coisas por si próprios, permitindo-lhes agir diretamente sobre experiências concretas, a partir de um jogo de adivinhação estruturado em perguntas e respostas que elicitavam suas idéias principais (1987, p. 33-34). De modo a superar as limitações da organização do ensino sobre a aprendizagem, esses autores defenderam uma nova síntese a partir de uma ideologia tradicional identificada com o ensino por transmissão e de uma outra ideologia progressista

apoiada em princípios piagetianos da aprendizagem por descoberta. A base dessa síntese são as interações sociais mediadas pela conversação sobre as quais se constitui o processo ativo e criativo de inserção guiada da criança na vida cultural. Deste estudo, cabe destacar que é necessário considerar criteriosamente as formas mediadas de interação social da sala de aula quando se planeja o ensino com base na inserção dos alunos em práticas culturais superiores como aquelas mediadas por abstrações e conceitos científicos. Esta conclusão geral pode ser extraída também de outros estudos em salas de aulas brasileiras (Machado, 1999; Mortimer, 2000; Mortimer e Scott, 2003), norte-americanas (Lemke, 1990), canadenses (Wells, 1999; Roth, 2005), espanholas (Jorba, Gómes e Prat, 2000) e mexicanas (Candela, 1999).

Pode-se afirmar que o pensamento vigotskiano influenciou diretamente a criação de um novo programa de pesquisa dedicado a estudar o desenvolvimento do pensamento humano durante a idade escolar, tendo como foco as situações de sala de aula. A compreensão dos processos de desenvolvimento conceitual passa necessariamente pela capacidade de interpretarmos o que se passa nas interações discursivas da sala de aula, o que ficou bem estabelecido nos trabalhos citados acima. No entanto, quando se vai à sala de aula e se dirige a atenção a tais interações, observam-se muitos outros fenômenos importantes e diretamente relacionados a problemas como interesse, autoridade, colaboração, identidade, atenção, memória etc. Vamos examinar um caso específico relacionado à classificação de entes em categorias no ensino de Química Orgânica, procedimento típico das ciências naturais, onde não nos parece trivial desatrelar a organização do ensino, que responde às formas de interação na sala de aula, da fundamentação epistemológica, que responde ao estado da arte do conhecimento científico, da fundamentação psicológica, que responde às formas de pensamento responsáveis pela classificação.

É interessante observar o paralelo que existe entre a adaptação metodológica proposta por Vigotski para o estudo envolvendo os blocos de formas, cores e tamanhos distintos e as necessárias adaptações para situações do ensino de ciências, nas quais a terminologia é reconhecidamente um fator

limitante do engajamento dos estudantes. Não se trata, por exemplo, de impelir os estudantes a memorizar o nome de compostos orgânicos a partir das regras de nomenclatura porque estas justificam sua classificação em funções químicas. Nem mesmo de fazê-los assimilar tais regras pela simples razão da centralidade deste conteúdo para o desenvolvimento do pensamento químico. O essencial aqui é vincular a nomenclatura, portanto as designações dos compostos, às propriedades das substâncias e dos seus entes constitutivos, as moléculas, fazendo-os reconhecer a construção de regras de classificação como um procedimento eminentemente científico, típico da forma de pensar o mundo por meio dos conteúdos da Química. Assim, parece-nos ser esta a maneira de se proceder para aproximar as formas histórica e socialmente condicionadas de produção de conhecimento químico ao desenvolvimento das formas de pensamento do estudante, ou seja, explicitar a vinculação estreita entre as regras construídas para designar as substâncias, seus entes constitutivos e suas propriedades. Esta proposição responde aos quesitos da epistemologia da Química, da psicologia do desenvolvimento e da organização do ensino, senão vejamos.

O conhecimento Químico se alicerça, como bem sabemos, sobre a interpretação e o domínio da fenomenologia da transformação dos materiais. Estes podem ser tanto analisados, quanto manipulados sob as perspectivas macroscópica e submicroscópica. Tontini, em seu estudo sobre os limites do conhecimento químico a partir da evolução da linguagem química, sugere que 'o conhecimento químico é uma tentativa de representar cientificamente, de traduzir em uma linguagem teórica, a organização e as ações da matéria no nível molecular' (Tontini, 2004, p. 33). No entanto, tem-se dado pouca atenção à fundamentação semiótica da Química, cujo desenvolvimento está profundamente vinculado à codificação destes níveis fenomenológicos, seja na simbologia ou mesmo na nomenclatura das substâncias, seja na designação estrutural das moléculas. Esta fundamentação semiótica não ocupa ainda posição de destaque nos programas de pesquisa da Química, especialmente quando caminhamos em direção a um nível de manipulação dos materiais cada vez mais próximo do mundo das partículas. De qualquer modo, parece-nos perfeitamente válida a

hipótese que o pensamento químico é mediado por conceitos fundados nas designações que se dão tanto aos materiais quanto aos seus entes constitutivos, ou seja, para se pensar o mundo do ponto de vista da Química, há de se caracterizar os nomes das substâncias e os objetos moleculares como suas unidades semióticas fundamentais. Sem elas, não há como se falar, escrever e agir sobre o mundo com o pensamento químico.

Vimos que a generalização é profundamente dependente da palavra. Sendo um processo decorrente da formação de conceitos, a generalização mobiliza um conjunto de funções como percepção, atenção, memória e atividade prática. De certa forma, a palavra potencializa estas funções no plano interno quando a ela correspondem ações de classificação de substâncias segundo propriedades específicas. Assim, generalizar um conjunto de substâncias em uma classe de funções químicas é um processo que se inicia pela designação dessas substâncias por meio de seus nomes. O que não se pode é acreditar que esta designação seja o estágio final do processo de generalização, tendo por suposto as contribuições de Vigotski, nem mesmo a única forma de 'representar' as substâncias, tendo como suposto a teoria molecular. A tensão característica do pensamento químico, que se estabelece entre o mundo macroscópico e o submicroscópico, nos leva a identificar outras formas de 'representação' das classes de substâncias mais próximas aos seus entes constitutivos. Para desenvolver o pensamento químico de modo que o aluno domine conceitos de composição, estrutura e transformação dos materiais, não basta apenas observar uma tendência na variação da temperatura de fusão das substâncias, é preciso verificar a regularidade da composição, da estrutura e das transformações das moléculas que as constituem. Se é impossível generalizar sem a mediação das palavras, parece-nos igualmente necessário promover a generalização para formar classes de funções químicas por meio da mediação dos objetos moleculares<sup>14</sup>, sem o quê o pensamento químico se verá destituído de sua generalização mais avançada, a teoria molecular.

---

<sup>14</sup> O conceito de objeto molecular é apresentado no capítulo sobre formas de uso do computador na escola.

É certo que a introdução de formas de designação das moléculas, devido à sua natureza imagética, altera todo o processo de comunicação na sala de aula e fundamentalmente os critérios de classificação das substâncias. Assim, estamos diante de uma variável capaz de provocar alterações nas formas de comunicação e pensamento, e portanto, no desenvolvimento das funções comunicativa e mental da linguagem. Para investigar a influência das formas de designação das moléculas no desenvolvimento de conceitos é preciso reconsiderar a organização do ensino de modo a introduzi-las explicitamente na sala de aula, inclusive no que se refere à sua natureza instrumental de 'representar' o ente molecular. Além da necessária problematização para estruturar as atividades que repercutam na generalização de um conjunto de moléculas em uma classe de funções químicas, deve-se considerar as formas de representação e como elas podem estar relacionadas à percepção, atenção, memória e atividade prática nas situações de ensino.

Há um outro aspecto da organização do ensino que, a despeito de não envolver exclusivamente as características do objeto molecular, deve ser investigado, o interesse. Se a impossibilidade de acesso visual aos fenômenos submicroscópicos é, conforme temos observado, uma das fontes de desinteresse quando se estudam esses fenômenos na sala de aula, então temos a possibilidade de discutir essa importante questão com outras condições de contorno. Neste campo de estudos, a visualização em todos os seus desdobramentos estéticos, epistemológicos e mentais tem uma contribuição importante a oferecer.

Há aqueles que, por outro lado, se contentam com os preceitos metacognitivos da aprendizagem baseada na mudança conceitual a partir das concepções espontâneas e, por considerarem desnecessário conhecer os fundamentos da nomenclatura, ignoram um dos fundamentos socioculturais mais importantes para a construção de conceitos, a função significativa da palavra. Se considerarmos ainda a função significativa desempenhada pelas diversas formas de representação das moléculas na formação dos conceitos, veremos que não se pode ignorar o papel central da mediação semiótica na organização do ensino de

Química. Devemos, portanto, buscar formas de articular os diversos conceitos a respeito das propriedades, classificações, nomenclaturas e transformações dos compostos orgânicos, superando as abordagens memorísticas por um tratamento pautado na construção de regras que vinculem estes sistemas conceituais às representações macroscópica, submicroscópica e simbólica. Este é um debate da maior importância para decidirmos sobre quais fundamentos teórico-metodológicos devem prevalecer nos projetos curriculares desta disciplina.

Um outro aspecto do pensamento vigotskiano que nos interessa destacar é sua contribuição sobre as noções de ferramenta psicológica e dupla mediação para o estudo do desenvolvimento cultural, especificamente para as situações de sala de aula nas quais o computador é instrumento mediador das atividades. Estamos certos de que as tecnologias são instrumentos que exercem funções mediadoras importantes nas atividades humanas, pois são atributos exclusivos da nossa forma de se relacionar com o mundo. Focando especificamente nas tecnologias de informação e comunicação, pode-se perceber sua vinculação estreita com os meios de expressão. Seja nas pinturas rupestres das cavernas, nos versos orais das cantigas, na prosa dos textos escritos dos tratados, nos enunciados dos diálogos fonados das cabines, nos anúncios audiovisuais dos estúdios, nas mensagens eletrônicas do ciberespaço, o dedo, a voz, o lápis, o telefone, a câmera, o computador são instrumentos que, dando vazão às nossas idéias, ampliam e reduzem nossas possibilidades de criá-las. Parece-nos que, dentre os muitos aspectos que se destacam nestes ambientes sociais complexos, conceber o processo de formação de conceitos a partir das noções de ferramenta psicológica e dupla mediação é seguramente uma importante contribuição do pensamento de Vigotski.

Para situar essas contribuições em nossos estudos, vamos examinar uma forma particular de comunicação mediada pelo computador. Tem se tornado bastante difundido o hábito de freqüentar salas de bate-papo na internet. As salas de bate-papo são ambientes não presenciais de conversação – neste sentido, assemelhados às conversas telefônicas – nos quais várias pessoas podem se comunicar simultaneamente – neste sentido, assemelhados às conversas

presenciais – mediadas por telas de computadores, de onde se lêem as informações, e teclados de computadores, de onde se escrevem os textos. Existem salas de bate-papo para todas as idades relacionadas a uma grande variedade de temas. É comum ocorrer ‘conversas escritas’ entre pessoas localizadas em diferentes partes do mundo voltadas para assuntos que as aproximam, como lazer, música, ciência, negócios, preferências sexuais e muitos outros. A sofisticação das salas de bate-papo tem permitido incluir imagens, animações e vídeos nas conversas, criar personagens representados de acordo com identidade própria, o que nos coloca diante de um ambiente inusitado de comunicação.

Quais semelhanças e diferenças existem entre as salas de bate-papo da internet e as conversas presenciais no que se refere ao modo de interação entre os interlocutores? Em ambos os casos, não é necessário que o sujeito termine a exposição de suas idéias para que o outro venha a tomar ciência delas. O envio e a recepção da mensagem ocorrem simultaneamente e assim os eventos comunicacionais são ditos sincrônicos. Aqui, terminam as semelhanças. A distância física entre os interlocutores é uma diferença marcante: nas situações presenciais não há distância física e nas salas de bate-papo a distância pode chegar a milhares de quilômetros. Uma outra diferença reside na oralidade do evento comunicacional na situação presencial, realizado a viva voz, em contraposição à mediação escrita da comunicação nas salas de bate-papo. Sem imagens, a gestualidade e a expressão facial estão suprimidas da sala de bate-papo. Se nessas formas emergentes de comunicação, os meios materiais de produção de sentido são absolutamente peculiares, é de se esperar que haja alterações substanciais nos processos de desenvolvimento das funções mentais superiores que ocorrem em uma e outra forma de interação. É neste sentido que circunstanciamos os estudos sobre interações sociais produzidas em ambientes eletrônicos e mediadas por tecnologias da informação e comunicação.

A migração de formas de comunicação como salas de bate-papo, correio eletrônico, *blogs* para a sala de aula ainda é uma questão em aberto. A organização escolar do ensino segue firmemente a tradição fordista de produção

do conhecimento, na qual as aulas têm hora marcada para começar e terminar. Estas coerções temporais não são de todo incompatíveis com a comunicação mediada pelo computador, mas não há dúvida de que se um professor desejar incorporá-las à sua prática, não apenas a negociação dos significados, mas fundamentalmente a negociação da agenda da aula será afetada. Ele terá de, por exemplo, se transferir com os alunos para a sala de informática se quiser dispor essas formas de comunicação diretamente para eles, e deverá ainda estender sua sala de aula para ambientes de comunicação mediada por computador. Esta ampliação das atividades da sala de aula implica reorganizar a agenda, não apenas em razão da ruptura com a dinâmica das interações ali estabelecidas, mas fundamentalmente em razão da inevitável ampliação do espaço de convivência. É neste transbordamento da sala de aula para o ciberespaço que está o maior desafio para o professor, pois ali, a temática, a interlocução, os meios de comunicação não são de seu domínio exclusivo, mas estão distendidos na direção dos alunos.

Particularmente para a organização do ensino, entendemos que a afirmação de Vigotski sobre a transferência das categorias e conceitos do plano superior ao inferior no contexto da sala de aula nos coloca uma questão metodológica *stritu sensu* de *como* organizar o ensino, ou seja, que diz respeito tanto às formas de interação social quanto às formas de mediação que constituem os processos de elaboração conceitual. Não há lugar para dúvidas sobre quão profundas são as alterações decorrentes da introdução do computador nas práticas escolares, ainda que lhe possam atribuir unicamente a não desprezível função de veicular conceitos. Seja a partir da exposição de conceitos pelo professor, seja por meio da manipulação direta por parte do aluno, ou ainda pela combinação destas e de outras formas de interação, o computador altera, em maior ou menor grau, a organização do ensino porque, ao alargar as fronteiras da sala de aula para o laboratório de informática ou para a internet, produz formas de interação social e de mediação ainda não experimentadas. É neste sentido que reafirmamos a necessidade de se estudar criteriosamente a transposição das práticas da cultura informática para a sala de aula, ou seja, sem desvincular o

conteúdo e as formas de pensamento do planejamento do ensino que considere prioritariamente as formas de interação social que ali se estabelecem.

Um outro problema de investigação que podemos recolher a partir das situações de comunicação mediada por computador está relacionado àquilo que nos estudos do desenvolvimento da fala interna, Vigotski chamou de abreviação. É bem sabido que as formas escritas de comunicação mediada por computador têm adquirido um traço marcadamente abreviado. Palavras e mesmo expressões são reduzidas às suas letras iniciais sem prejuízo da compreensão mútua. À primeira vista, este fenômeno parece estar relacionado à rapidez com que ocorrem as trocas de mensagens, principalmente em sessões sincrônicas de comunicação. Mas, não podemos desconsiderar que estes eventos prescindem dos elementos da oralidade e da gestualidade que permitem a abreviação e de certa forma explicam a simplificação sintática e a tendência à predicação da linguagem oral. Assim, é possível que a supressão dos elementos orais e gestuais na comunicação mediada por computador esteja levando a um processo de desenvolvimento de outros recursos estilísticos capazes de criar contexto entre os interlocutores, ou seja, alimentar o compartilhamento de percepções. Os ícones emotivos são exemplos destes recursos.

Poucas pessoas percebem as inúmeras interfaces acionadas cada vez que acessam a internet, sejam elas 'duras' ou 'macias'. Boa parte dos usuários dispensa o teclado em seus acessos, pois muitos já têm organizado um caderno de endereços favoritos e executam os comandos a partir do *mouse*. Mas é sem dúvida a tela que mobiliza maior atenção e dirige as ações dos internautas. Essas três interfaces são as de maior visibilidade entre as interfaces duras que fazem parte do cenário de ações do internauta. Elas medeiam operações básicas como a execução de comandos, os quais ocupam o primeiro nível de uma série de interfaces macias, ou aplicações. Aquém dos comandos, estão as aplicações de nosso objeto de interesse, quais sejam, aquelas responsáveis pela formação de uma ambiência do ciberespaço, em meio a qual os internautas executam ações mediadas por ferramentas culturais.

Como a atenção do agente está focada na tela e nos objetos icônicos, imagéticos e textuais que nela se apresentam, quando não nos efeitos sonoros provenientes das caixas de som, a maior parte das aplicações permanece submersa e fora de seu controle, o que é benéfico à primeira vista, pois permite que os propósitos das ações sejam orientados pelo agente, em combinação com co-agentes e com as ferramentas culturais. Apesar do benefício, em muitas situações as mudanças ocorridas na ambiência não são perceptíveis, quando, por exemplo, a ação provoca mudança de tela ou alterações no interior da própria tela.

Uma das razões que nos fazem considerar a necessidade de apurar o conceito de ferramenta cultural para as situações de estudo no ciberespaço são os efeitos sobre a ação mediada provocados pela combinação de várias camadas de interfaces, particularmente sobre os propósitos dos agentes e sua repercussão sobre o domínio e a apropriação da ferramenta cultural. No entanto, a principal razão para reelaborarmos a noção de ferramenta cultural à luz da teoria da ação mediada é a própria natureza das ações realizadas em um espaço desterritorializado e virtual. Seguramente a desterritorialização e a virtualidade da internet alteram radicalmente a natureza das ações humanas, principalmente por serem decorrentes de uma combinação inusitada de propriedades e funções das ferramentas culturais. Tendo em vista que esta proposta de reelaboração se dá no âmbito dos objetivos de investigar os efeitos da apropriação da internet pela escola, iremos considerar apenas as ações mediadas com efeitos diretos sobre o contexto escolar, quais sejam, comunicar, informar, simular, publicar, e ensinar e aprender.

Primeiramente é preciso reafirmar que a ferramenta cultural só pode ser considerada enquanto tal, quando o agente dela faz uso para executar uma ação, o que Wertsch chamou de tensão irreduzível agente – ferramenta cultural (1998, p. 25). Dessa maneira, durante a edição de uma mensagem é a ferramenta cultural correio eletrônico que está em uso, assim como durante a seleção, organização e leitura das mensagens, o agente executa essas ações com a mesma ferramenta cultural. Para cada uma das ações, o correio eletrônico atende a propósitos distintos, que na maior parte das vezes estão subordinados a um propósito

hierarquicamente superior, como, por exemplo, enviar uma correspondência, o que não é realizado pela díade agente – ferramenta cultural, mas sim por uma aplicação independente. Neste sentido, as ações de editar, ler, selecionar e organizar a mensagem são realizadas pelo agente usando a ferramenta cultural correio eletrônico, cuja multifuncionalidade, desterritorialização e virtualidade, integração com outras interfaces, como a de envio e recepção de mensagens, teclado, tela e *mouse*, caracterizam no cenário da ação mediada aquilo que chamamos de *ambiente de comunicação*.

Uma outra propriedade importante da ferramenta cultural é o fato de ela potencializar a transformação da ação mediada em todos os domínios genéticos da filogênese, ontogênese, história sociocultural e microgênese (Wertsch, 1998, p. 42-3). Neste sentido, quando a ferramenta cultural navegador é usada para selecionar, organizar, apresentar, e buscar informação, essas ações, que eram realizadas por meio de outros meios mediacionais, são transformadas. Na medida em que a integração de meios escrito-áudio-visuais e as aplicações de busca local e remota de palavras-chaves são propriedades exclusivas do navegador, ao agente é possível combiná-las com propósitos prévios ou definir novos propósitos para a ação. Em qualquer dos casos essas novas qualidades da ferramenta cultural influem com menor ou maior intensidade na ação mediada, a depender entre outros fatores do grau de domínio e apropriação que o agente exerce sobre ela. Tal combinação inusitada de funções e propriedades confere ao navegador a condição de *ambiente de informação* único com alto potencial para transformar a ação mediada.

A materialidade é uma propriedade inerente a qualquer ferramenta cultural, pois a função de transporte do signo somente se realiza se houver bases materiais para tal. De todos os desdobramentos da integração de meios semióticos, a simulação de modelos é talvez aquele que mais se destaca, devido exatamente à capacidade do navegador, por exemplo, providenciar uma base material para a realização deste tipo de ação. A combinação de registros gráficos, tabelas, movimentos de objetos conferem um efeito de realismo ao modelo simulado, que só se materializa na medida em que o agente age com a ferramenta cultural de

simulação combinando cada uma dessas funções e propriedades. É novamente a combinação inusitada de propriedades e funções que faz da internet um *ambiente de simulação* por meio do qual se realizam ações mediadas com alto valor semiótico para elaborar significado.

Tomando por referência as propriedades da ação mediada, é preciso considerar ainda as implicações do uso das ferramentas culturais da internet sobre as relações de poder e autoridade que se constituem na escola. Nosso argumento centra-se no fato de as ferramentas de autoria e publicação postas à disposição do internauta criarem condições para que sua voz seja alçada para além dos muros escolares. Esta é uma condição que pode alterar substancialmente as relações de poder e autoridade na escola e na sala de aula, se considerarmos que o controle sobre a autoria e a escolha da audiência são prerrogativas de um agente que exerce poder por meio de suas ações e dos instrumentos que têm à disposição, conforme indicam, por exemplo, os estudos sobre o surgimento da imprensa na Idade Média (Eisenstein, 1998). É novamente a simbiose de aplicações e de suas propriedades que revela o caráter inovador das diversas ferramentas culturais de autoria da internet. Por meio delas, o agente não apenas edita e dá forma, mas também publica e escolhe o público do seu hipertexto, controlando desta forma todas as etapas do processo enunciativo, sem precisar se submeter ao crivo de censores. Reunidas, essas funções da ferramenta cultural constituem o *ambiente de autoria*, que somente tomará parte do cenário para transformar as ações de poder e relações de autoridade na escola, na medida em que os agentes dominem e se apropriem da ferramenta de autoria.

Combinadas entre si, as funções e as propriedades das ferramentas culturais produzem ambientes que são parte dos cenários nos quais as ações mediadas são realizadas. No caso particular da escola, a combinação destes ambientes suscita a formação de *ambiências de ensino e aprendizagem*, que serão tão diversificadas quanto forem as finalidades e as formas de combinação. É preciso insistir ainda que tanto as funções das ferramentas quanto as combinações dos ambientes são condicionadas pelos propósitos, os quais orientam os agentes no curso da ação. Mas é também necessário considerar a

hipótese de que o domínio e a apropriação das ferramentas culturais da internet pelos agentes e pela escola devem condicionar a estrutura das ações e orientar seus propósitos. Desta forma, estaremos concentrando nossa análise sobre as ações executadas no plano externo e no plano interno, procurando identificar quais ferramentas culturais estão sendo empregadas, quem são os agentes que as utilizam, quais propósitos orientam as ações, em quais ambientes e cenários se desenvolvem as ações, no sentido de identificar como a mútua influência de ações internas e externas determina os processos de domínio e de apropriação das ferramentas culturais pelos agentes e pela instituição.

Conforme teremos oportunidade de discutir nos estudos empíricos que realizamos, a comunicação mediada por computador tem dado sinais claros do surgimento de uma nova modalidade de comunicação, formada não apenas pela combinação de traços da oralidade e da escrita, e a já anunciada hipertextualidade, mas também pelo aporte da simulação, ou o que se tem chamado de realidade virtual. O estudo da influência da simulação sobre as formas de comunicação humana ainda é uma pretensão de nossa parte. Contudo, a criação de ambientes virtuais de aprendizagem em que se estabelecem interações humanas já é um aspecto verdadeiramente diferencial e merece ser tratado no âmbito da teoria sociocultural. Sobre essa criação, teremos oportunidade de discutir diversas questões de interesse nos capítulos que se seguem.

# CAPÍTULO 2

## BREVE REVISÃO CRÍTICA SOBRE OS USOS DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS



Tendo em vista os conceitos oriundos da teoria da ação mediada, passamos a analisar algumas das contribuições que julgamos mais representativas de seis formas ou situações de utilização do computador na sala de aula de ciências, para ao final indicarmos algumas perspectivas do nosso programa de pesquisa na área. As seis formas de uso são 'linguagem de programação', 'sistemas tutoriais', 'caixas de ferramentas', 'simulação e animação', 'comunicação mediada por computadores' e também 'dinâmica das interações diante do computador'. Discutimos estas formas de uso do computador a partir de uma revisão realizada em revistas indexadas e livros publicados por pesquisadores que julgamos mais representativos e também aos quais tivemos acesso pelos meios de comunicação disponíveis<sup>15</sup>.

### **Linguagens de Programação**

As primeiras iniciativas de utilização do computador como recurso de ensino que repercutiram em pesquisas, são devidas a Seymour Papert, que coordenou a criação do Logo. A linguagem de programação Logo foi desenvolvida na década de 1970 no MIT com o intuito de criar ambientes nos quais as crianças pudessem aprender a se comunicar com computadores. O Logo passou por diversas adaptações ao longo das suas mais de três décadas de existência e um número significativo de pesquisas foi realizado com o intuito de compreender como o computador interfere na aprendizagem. Ainda em uma época em que essas máquinas não apresentavam interfaces, hoje em dia consideradas indispensáveis, como o teclado e a tela, Papert apoiou-se nas contribuições de Piaget sobre o desenvolvimento cognitivo da criança para implementar uma proposta de utilização do computador, na qual os estudantes programavam a máquina para obter figuras geométricas, tendo como motivador um problema a ser resolvido (Papert 1985).

Papert sugeriu que o raciocínio analítico desenvolvido para programar o computador poderia ser transferido para outras situações de resolução de

---

<sup>15</sup> Parte deste capítulo aparece em 'O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização', (Giordan, 2005b).

problemas sem a presença do computador (1985, p. 16). Esta foi uma das hipóteses de pesquisa mais testadas, a qual não se provou consistente, segundo diversos autores, conforme levantamento feito em revisões sobre o assunto (Hughes 1990, citado por Wegerif 2003; Jonassen e Reeves 1996, p. 700) . Para eles, a programação em Logo se mostrou particularmente efetiva no desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas à própria programação em Logo, ou ainda para promover o engajamento dos alunos em aprender, quando a programação fazia parte de uma atividade estruturada. Para outros autores, no entanto, não resta dúvida que a capacidade de resolução de problemas dos alunos é aprimorada em situações que requisitam a linguagem de programação, o que foi explicado pelo desenvolvimento de habilidades como classificação, serialização e conservação (Clements 1985, citado por Jonassen e Reeves 1996).

Além da transferência de habilidades, um outro aspecto do debate sobre as aplicações das linguagens de programação na educação básica diz respeito à demanda por aprender uma sintaxe de comandos, para a qual os aplicativos de compilação, que transformam a seqüência de comandos em instruções binárias, não admitem erros. Nessas circunstâncias, o domínio da sintaxe da linguagem de programação é um pré-requisito sem o qual o aluno não avança nas atividades de resolução de problemas. Pontuação, espaços, ordem das operações e outros requisitos sintáticos constituem um extenso conjunto de regras, que se não forem cumpridas, inviabilizam o processamento computacional e, portanto, a interação aluno-computador, conforme observado por Jonassen e Reeves (1996, p. 702), ao contrário das regras de sintaxe da linguagem humana, que mesmo não sendo estritamente seguidas, não impedem a interação entre os alunos. É fato que sendo a linguagem estruturadora da comunicação, seja entre pessoas ou entre pessoas e máquinas, ela condiciona o desenvolvimento de funções mentais superiores, a aprendizagem e, portanto, as ações da sala de aula, com ou sem computador. A 'suavização' das interfaces computacionais na forma de ambientes de programação orientados por objeto ou ainda contendo recursos de verificação

da compilação<sup>16</sup> pode vir a minimizar a demanda pelo domínio da sintaxe das linguagens de programação. De qualquer forma, a transferência de habilidades de comunicação pessoa-máquina desenvolvidas em meio às atividades de programação de computadores para outras situações de resolução de problema não foi verificada em diversas pesquisas (Palumbo 1990).

Micromundo é um campo de utilização do computador na escola diretamente vinculado à evolução do Logo, tendo tido desdobramentos na educação matemática e na educação em ciências. Sarama e Clements definem micromundo como “um ambiente computacional pequeno e coerente consistindo de ferramentas, estruturas, e/ou atividades, que refletem ou incorporam um domínio da matemática ou da ciência e, portanto, promove o aprendizado por meio de exploração, proposição e resolução de problemas” (2002, p. 2). Trata-se de uma definição abrangente, ampliada ainda mais por Papert ao sugerir que os valores da matemática podem ser levados em conta quando se projetam micromundos primariamente vistos como pertencentes a outros domínios (2002, p. 12). Nessa perspectiva, os micromundos seriam projetados para a educação escolar de forma generalizada e para diferentes culturas, o que poderia se viabilizar na medida em que cada aluno tivesse acesso a um computador portátil personalizado, conforme defende Papert (ibidem, p. 11).

À parte dessa visão centralista sobre o lugar do computador na escola, inspirada na dinamicidade do meio como forma de superar as restrições epistemológicas impostas por papel e lápis, Papert suprime os condicionantes da linguagem ou das formas de representação na elaboração de significados quando afirma não haver conseqüências importantes do uso de ícones ou texto para movimentar a ‘máquina de pensamento’ (2002, p. 13). Se considerarmos a prioridade conferida para atividades de exploração na elaboração de significados, consoma-se a visão isenta dos condicionantes dos meios de mediação nessa linha de pesquisa, que é a nosso ver uma das suas principais falhas.

Parece-nos que já existe, dentro deste programa de pesquisa, um movimento para assegurar algum papel para a estrutura das atividades, ou ao

---

<sup>16</sup> Estamos nos referindo aqui ao módulos *debug* presentes em diversos ambientes de programação.

menos da interação com o ambiente, conforme relatada por Stenvenson (2002). Ele chama de Ambiente de Manipulação Direta os ambientes computacionais de simulação, como por exemplo, o aplicativo *Interactive Physics*<sup>17</sup>, por meio dos quais se torna explícita a ferramenta matemática que determina o comportamento do modelo computacional. Neste sentido, é evidente que se trata de um processo de modelagem matemática, que segundo o autor tem a vantagem de exigir uma ‘carga’ menor de aprendizagem de programação que a linguagem Logo. Apesar disso, os ambientes de manipulação direta não demandam tanto o domínio das ferramentas matemáticas, e por essa razão, eles podem subsidiar em maior grau a intuição física e o engajamento dos alunos. Stenvenson interpreta corretamente esse pendor para a ambiência e acerta também quando sugere que se deve olhar as ações dos alunos na presença do ambiente, procurando articular diferentes meios de registro. Porém, é certo que para este programa de pesquisa, a permanente tensão deflagrada nas relações sociais e os ditames das interações verbais estabelecidas entre alunos nas situações de ensino são elementos de menor importância, quando comparados com elementos de planejamento e estruturação das atividades de ensino.

Em seu estudo sobre a criação de comunidades para o desenvolvimento de micromundos em contextos multi-organizacionais, Kynigos (2002, p. 208) reconhece a necessidade de estruturar as atividades em um nível correto de generalidade de modo a preservar o interesse de todas as comunidades envolvidas. Já Reed e Jazo (2002), utilizando múltiplas formas de representação, gráfico, animação, simulação e função algébrica, advogam pela necessidade de prover os alunos com um conjunto diversificado de meios para representar situações de deslocamento de objetos. Na linha da mudança conceitual, Tao e Gunstone (1999), verificaram que o uso de um micromundo de força e movimento por alunos da escola secundária organizados em duplas sustentou a elaboração de conhecimento compartilhado durante atividades colaborativas. Nestes três estudos, percebe-se a importância de condicionantes socioculturais como a interação, os meios mediacionais e a estrutura das atividades para compreender-

---

<sup>17</sup> Roth, Woszczyzna e Smith (1996) realizaram um estudo esclarecedor sobre as potencialidades e limitações desse aplicativo, analisando o tempo dedicado à aprendizagem do aplicativo e a interação entre alunos.

se o papel dos micromundos na organização do ensino e na sustentação da aprendizagem. Portanto, mesmo partindo de uma perspectiva construcionista exploratória de matriz cognitivista, é flagrante a percepção de que, seja na programação, ou na simulação de eventos, qualquer que seja a vertente da comunidade de micromundos, a interação entre pessoas é fator condicionante das formas de ação, juntamente com as ferramentas matemáticas, icônicas, ou com outras ferramentas culturais.

A polêmica sobre as contribuições das linguagens de programação para a educação básica está longe de terminar, pela simples razão de não se tratar apenas de questões de pesquisa suscitadas quando da ida do computador para a sala de aula. Elas remontam embates sobre a precedência entre o desenvolvimento das funções mentais superiores e a aprendizagem, sobre as determinações das funções naturais e semióticas na elaboração de significado. Portanto, a presença do computador na sala de aula, além de se tratar de um movimento recente mesmo em países desenvolvidos, resgata também questões de pesquisa disputadas por grupos que se apóiam em princípios mais ou menos centrados no biológico ou no social como referência para compreender o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem. Ainda assim, a inspiração para os estudos sobre o papel do computador na sala de aula de ciências não se resume ao inusitado das aplicações dessa tecnologia na escola e às questões de pesquisa desdobradas dos debates sobre psicologia do desenvolvimento.

O fato de o computador reunir as principais formas de representação e de transformar a natureza da comunicação humana justifica a necessidade de se estudar as repercussões do seu uso na sala de aula tendo em conta princípios epistemológicos e comunicacionais, pois nas ações com o computador tanto o estatuto do fenômeno se nutre da noção de simulação, como os atos comunicativos admitem a enunciação de muitas vozes. Esta é uma constatação que não se pode desprezar, principalmente quando se trata de discutir a inserção do ensino de linguagens de programação na sala de aula. O fenômeno, qualquer que seja, é simulado por um sujeito situado social e historicamente, cujos sentidos para constituir o (micro)mundo não são filtrados, ou purificados, por qualquer

linguagem de programação. Não se trata de ignorar o fato de essas linguagens terem uma base sintática definida e precisa, sem a qual não se concretizam as ações de programação. No entanto, não se pode admitir que as formas de representação das linguagens de programação, suas regras sintáticas e semânticas, portanto, os processos de significação a elas vinculados, sejam tomados como fundamentos para interpretarmos a comunicação humana e todos os processos de constituição de sentido a ela associados. Em outras palavras, os princípios da comunicação homem-máquina, mediada pelas linguagens de programação, não devem ser extrapolados para estruturar as atividades de ensino ou quiçá admitir sua prevalência na interpretação dos processos de elaboração de significados.

### **Sistemas tutoriais.**

Antes de nos aprofundarmos nos aspectos relacionados à simulação e à comunicação mediada pelo computador, vale a pena considerar outras experiências do seu uso, que tiveram lugar quando a capacidade de processamento limitava as aplicações gráficas ou ainda quando as redes de computadores estavam restritas às áreas acadêmica e militar. Aplicativos com a finalidade de dirigir o estudo sobre algum tópico de conhecimento por meio da combinação de exposição e de avaliação de conteúdos podem ser genericamente chamados de tutoriais de ensino. Programar o computador para substituir o professor na sala de aula foi, desde o princípio, o objeto do desejo de uma parcela dos especialistas em instrução assistida pelo computador (CAI)<sup>18</sup>. Neste sentido, a elaboração de tutoriais de ensino tem sido adotada como solução para essa controvertida finalidade, seguindo inicialmente os princípios da teoria comportamentalista, cuja estratégia resumidamente era obter respostas do aluno às perguntas suscitadas pelo aplicativo e avaliá-las mediante o critério de ajustamento ao conteúdo previamente exposto.

---

<sup>18</sup> Do inglês, CAI é o acrônimo de *computer-aided instruction*

Diferentemente de outros materiais de apoio ao ensino, o computador propicia um certo grau de interatividade, na medida em que o *feedback* fornecido pela máquina pode ser programado em função da resposta do aluno. Na tradição da instrução assistida por computador, uma das funções do *feedback* é avaliar se a resposta do aluno é correta ou não (Wainwright, 1989). No caso de a resposta ser correta, o aplicativo dá seqüência à apresentação do conteúdo para então apresentar outro teste que avalia a efetividade da comunicação tutorial-aluno. Se a resposta for incorreta, o aplicativo redireciona o aluno para uma justificativa sobre a resposta correta, para então retornar à seqüência apresentação-teste. Ainda assim, outras pesquisas sugerem diferentes funções para o feedback, conforme relata Mory em uma extensa revisão sobre o assunto (Mory 1996).

Alguma sofisticação no *feedback*, como oferecer uma justificativa para o correto considerando o diagnóstico e a classificação das respostas incorretas, agrega ao tutorial certo grau de 'inteligência', na opinião de vários pesquisadores dessa área (Shute e Psothka 1996, p. 576-7). Outra contribuição para o aprimoramento dos sistemas tutoriais foi a transposição dos resultados das pesquisas sobre concepções alternativas, modelos mentais e andaimes para o diagnóstico dos erros cometidos pelos alunos e para as próprias estratégias de correção, o que foi relatado por Shute e Psothka (1996, 573-4) em uma revisão sobre o tema. Considerar, por exemplo, as concepções alternativas dos alunos, que têm sido extensamente diagnosticadas, na elaboração de sistemas tutoriais inteligentes é uma das estratégias sugeridas por esses autores, o que pode ser confirmado em estudos recentes sobre o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem (Solomonidou e Stravidou 2001).

Um exemplo desta transposição é admitir as próprias concepções alternativas dos alunos no conjunto das repostas possíveis, cujos *feedbacks* de avaliação retratariam então as razões de fundo empírico diagnosticadas nos estudos de concepções alternativas. De fato, já se pode considerar um avanço a introdução dos enunciados tipicamente recolhidos das pesquisas sobre concepções alternativas, ainda mais quando se preservam a estrutura e o estilo enunciativos. Elaborar seqüências argumentativas contra as razões que

sustentam a elaboração dessas concepções pode também ser admitido como um progresso em termos de estratégia de avaliação para um processo que originalmente se restringia a classificar a resposta como certa ou errada, que, quando muito, vinha acompanhada de imagens ou sons ilustrando o acerto ou o erro. Estes estudos indicam um possível desdobramento dos resultados das pesquisas sobre educação em ciências e sobre a sala de aula para a área de sistemas tutoriais inteligentes e nos leva a especular sobre a intenção de introduzir as vozes dos alunos representativas de suas concepções alternativas na estruturação dos sistemas tutoriais como estratégia para aprimorar o diálogo entre os tutoriais e os alunos.

A despeito das críticas sobre os aplicativos tutoriais encerrarem características de treinamento e prática, sua aceitação nas escolas não pode ser desprezada, ou mesmo explicada simplesmente com base nas pressões da indústria de *software*, ou ainda no desconhecimento sobre as potencialidades do computador. Segundo Crook (1994, p. 13-14), a popularidade da aprendizagem assistida por computador, conforme relatada por Cuban (1986, citado por Crook 1994), pode ser devida à pronta reação a uma indesejada demanda imposta pela inovação tecnológica e também pode estar refletindo o comprometimento dos professores com as práticas de ensino vigentes. No entanto, consideramos que para saber quanto ainda se trata de resistência ou desconhecimento e quanto se trata de apego aos modelos e práticas já consolidados, é preciso investigar as experiências de utilização do computador e as representações dos professores sobre essa tecnologia, para então avaliarmos como os tutoriais estão sendo usados e como podem vir a ser usados na sala de aula.

Talvez pelo fato de pesquisas sobre as formas de interação na sala de aula terem demonstrado a preponderância das tríades IRF (iniciação-resposta-*feedback*) do tipo avaliativa, (Sinclair e Coulter, 1975; Mehan, 1979; Cazden, 2001), a metáfora da máquina de ensinar tenha tido forte apelo entre os segmentos alinhados com a perspectiva de transmissão de informação. Em que pese as limitações iniciais para este modelo de elaboração de sistemas tutoriais, normalmente restrita a respostas de múltipla escolha, não se pode desprezar o

fato de a convergência de mídias no computador permitir criar narrativas, que até então não conheciam meio de difusão semelhante. Os críticos dos sistemas tutoriais costumam ignorar este aspecto, preferindo creditar a principal contribuição do computador às oportunidades oferecidas para o aluno descobrir por si só, como defende Papert quando trata da aprendizagem de uma língua como um processo natural e equipara-a à aprendizagem da linguagem de programação (1985, p. 18), desconsiderando portanto o caráter de construção social da linguagem e suas repercussões para o processo de aprendizagem. Narrativas têm um grande potencial para estruturar o ensino, principalmente quando são empregadas sob uma perspectiva dialógica.

A possibilidade de narrar histórias em hipermídia acompanhadas de questões que, em lugar de suscitar respostas 'corretas' para avaliação do computador, desencadeiem discussões entre grupos de alunos altera radicalmente o papel dos sistemas tutoriais. Para tanto, é necessário dotar a relação pergunta-resposta de funções cognitivas mais sofisticadas do que a memorização. É possível estabelecer relações entre premissas e entre premissas e conclusões na estruturação do dispositivo pergunta-reposta do sistema tutorial. Da mesma forma, também é viável introduzir diferentes vozes na narrativa do tutorial e torná-las protagonistas das proposições, desenvolvendo uma esfera de comunicação que permita ao aluno identificar os horizontes conceituais dos protagonistas e simultaneamente se situar nesta esfera de comunicação.

Os sistemas tutoriais organizados na forma de narrativas que congreguem texto, imagem, som, animação, filmes e acrescentem questões abertas para discussão podem perfeitamente adquirir funções dialógicas e não apenas funções de transmissão, como se observa em estruturas pergunta-resposta-*feedback* dos tutoriais instrucionais.

Estudos sobre o desenvolvimento de narrativas hipermídia que interanimam as vozes de mulheres produtoras de sabão de cinza, de professores de química e de seus alunos do Ensino Médio têm demonstrado a perfeita viabilidade de se organizar o ensino no laboratório de informática por meio de sistemas tutoriais abertos (Pinheiro e Giordan, 2005). Neste caso, a própria seqüência

narrativa pode ser construída pelo aluno, aproveitando-se uma funcionalidade típica de narrativas hipermídia que é a não-linearidade. Outro estudo sobre o desenvolvimento de sistemas tutoriais, que será detalhado no Capítulo 4, prevê a elaboração de diferentes formas de representação da estrutura molecular pelos alunos, privilegiando desta forma a função polissêmica dessas representações. Esta é a direção que se pode imprimir à elaboração de aplicativos tutoriais de modo a investigar as possibilidades e limitações de uma perspectiva dialógica para as situações de ensino mediadas pelo computador.

### **Caixas de Ferramentas**

Entre os estudiosos da informática educativa, prevalece também a idéia de que o desenvolvimento do computador influencia fortemente seu uso na escola, tanto assim que a miniaturização pode ser considerada como um dos fatores que possibilitaram a popularização dessa tecnologia, ao permitir o acesso dos usuários domésticos ao processamento e armazenamento massivo de informação no computador de mesa, o que Breton sugere ser uma verdadeira ruptura, capaz de ter disseminado a 'cultura informática' (Breton 1991, p. 242-50). Um outro aspecto do desenvolvimento dos computadores que influencia suas aplicações escolares são os efeitos produzidos pelas interfaces gráficas, que vêm sendo aprimoradas desde a criação do ambiente de janelas.

Como exemplos de influência desses ambientes para impulsionar as aplicações educacionais dos computadores, consideremos dois fatores: em primeiro lugar, pelo fato de a comunicação entre usuário e computador ser feita por meio de ícones, a execução dos aplicativos não exige conhecimento de programação por parte do aluno. Tornar a interação aluno-computador mais intuitiva, por meio da iconografia, significa liberá-lo para se concentrar na interação com o próprio aplicativo e portanto tratar o aplicativo como uma ferramenta para resolução de problemas, em lugar de levar o aluno a construir a própria ferramenta, como ocorre na programação. O segundo fator diz respeito à

conjugação das representações escritas, imagéticas e sonoras em um único aplicativo, o que diversifica significativamente as aplicações educacionais.

Os chamados aplicativos de escritório, por meio dos quais o usuário cria textos escritos, adiciona imagens e animações, desenha figuras, constrói tabelas e gráficos, são exemplos da diversificação das aplicações educacionais dos computadores, que se tornaram possíveis a partir do desenvolvimento do ambiente de janelas. Ao observar crianças durante atividades de produção de texto, por meio de editores eletrônicos, e de produção de desenhos, por meio de aplicativos de pintura na tela, Crook sugeriu que nessas situações as ferramentas eletrônicas de produção de textos e desenhos podem cultivar nas crianças atitudes de editoração, como revisar suas produções (Crook 1992), o que não foi observado por Kumpulainen (1996).

Por se tratar de aplicativos abertos, nos quais a produção de representações é determinada diretamente pelas ações do aluno, entendemos que sendo tais ações mediadas por esses aplicativos, suas propriedades servem de parâmetros para estruturar tanto as ações externas, junto aos aplicativos, quanto as ações internas. Assim, a seleção de trechos de um texto ou desenho, que é executada pelo aluno por meio da ferramenta, passa a interferir na ação de selecionar, a qual o aluno executa no plano interno. É sob essa perspectiva que entendemos, assim como Crook, a metáfora da 'caixa de ferramentas' como esses aplicativos vêm sendo designados, ou seja, como meios mediacionais capazes de transformar o caráter das ações mediadas. Sugerir que o caráter das ações mediadas é transformado não significa afirmar que ações como revisar textos sejam estimuladas ou mesmo aperfeiçoadas em decorrência de alguma propriedade do editor de texto, mas significa afirmar que as estruturas dessas ações são diferentes daquelas que se realizam com papel e lápis.

Em sua revisão de estudos sobre diferentes formas de uso do computador com a finalidade de desenvolver ferramentas cognitivas, Jonassen e Reeves mencionam a inexistência de pesquisas acerca de planilhas, qualificando de especulativos os resultados desses estudos (1996, p. 713). Entendemos, no entanto, que na educação em ciências podem ser abertas diversas frentes de

pesquisa circunstanciadas no estudo das interações entre alunos e aplicativos para construir planilhas, gráficos ou textos. Investigar por exemplo, a função da construção de planilhas na identificação de regularidades e variações de uma propriedade de materiais, quando essa construção aparece associada à representação gráfica, pode contribuir para compreendermos como o aluno, ao agir com cada um desses meios mediacionais, produz seus enunciados para justificar o comportamento da propriedade e o uso de um material. É possível também investigar a priorização de um ou outro meio mediacional na resolução de problemas em diferentes situações, que envolvam ou não a experimentação, e se esta priorização ganha visibilidade no enunciado do aluno, seja na forma de reconstrução da situação experimental, ou da própria problematização.

Recentemente, tem nos chamado atenção a forma como os alunos representam graficamente determinadas propriedades de substâncias e materiais. Um problema que já detectamos em situações de ensino é a transposição de dados extraídos de experimentos, como medidas de temperatura e tempo, e sua organização na forma de tabelas e gráficos. Na situação de coleta de dados, a atenção do aluno se dirige para os instrumentos e para o próprio sistema. Assim, alterações no grau de agitação, formação de bolhas e de vapor são diretamente relacionadas aos valores de temperatura e tempo em um sistema líquido sob aquecimento. Na situação de coleta de dados, medidas de temperatura e tempo organizadas na forma de tabela não fornecem a exata dimensão da variação dessas variáveis. Terminada a coleta de dados, a reorganização dos valores de tempo e temperatura em forma de gráfico altera radicalmente o sentido que se atribui ao fenômeno. Esta alteração de sentidos pode ser observada nos próprios enunciados, nas formas de referência às variáveis, ao sistema em aquecimento, aos instrumentos etc.

Temos indícios de que os alunos atribuem significados incongruentes para o conceito de temperatura de ebulição nas situações de coleta de dados e de organização dos dados na forma gráfica. É visível a dificuldade em relacionar uma determinada parte do gráfico a um determinado momento da coleta de dados (Costa, 2004). Aplicativos de criação gráfica que permitam ao aluno traçar curvas

aproximadas na situação de coleta de dados podem se constituir em ferramentas culturais com alto potencial de significação, na medida em que o aluno relacione o sistema de generalizações que se forma durante a observação do fenômeno com o sistema de generalizações que se forma durante a construção do gráfico. É bastante provável que esta conjugação entre o plano fenomenológico e a interface computacional, que ainda pode incorporar o fenômeno animado como veremos a seguir, não apenas transforme o processo de generalização, mas sirva de elemento de argumentação para justificar a opção pela representação gráfica e pela generalização a ela vinculada em detrimento do sistema de generalização eminentemente 'empírico'. Uma questão de fundo é saber se as atividades estruturadas com ferramentas de construção gráfica no computador subsidiam o domínio de ferramentas culturais de outra natureza, como tabelas. Ou ainda, qual é a influência dessas atividades com a presença do computador sobre como o aluno observa o fenômeno.

### **Simulação e animação.**

A combinação da característica iconográfica com a convergência dos meios de representação no ambiente de janelas também é particularmente atrativa para a educação em ciências, especialmente quando consideramos a transposição do fenômeno do meio natural para o computador. São basicamente três as formas de transposição do fenômeno: a reprodução em tela do fenômeno filmado, a animação obtida pela seqüência de ilustrações e a simulação por meio da combinação de um conjunto de variáveis de modo a reproduzir as leis que interpretam o fenômeno. Neste capítulo, trataremos da simulação e da animação.

Um conjunto de investigações realizadas por um grupo de psicólogos tratando do uso de animações em situações de ensino é bastante ilustrativo da ausência de uma preocupação estética ou mesmo estrutural com a animação. Há já uma extensa literatura sobre a combinação de meios de veiculação das representações pictóricas, escritas, sonoras, gráficas etc, e seus efeitos sobre a aprendizagem, como as pesquisas produzidas pelos grupos liderados por Rieber

(1990) e Mayer que, no entanto, não discutem a animação como um meio capaz de veicular variantes de gêneros discursivos.

Tomemos como exemplo os estudos de Mayer e colaboradores, que são fundamentados pela Teoria da Codificação Dual (Paivio, 1986), que por sua vez se orientam por estudos envolvendo imagem e texto em sistemas multimodais (Mayer, 1989). Do ponto de vista dessa teoria, três tipos de conexões entre palavras e imagens são construídos em situações de ensino envolvendo multimídia: a) conexão representacional entre a informação verbal nova e a representação verbal do aluno; b) conexão representacional entre a informação imagética nova e a representação visual do aluno; c) conexão referencial entre os elementos correspondentes das representações imagética e verbal do aluno. Trata-se portanto de uma teoria de matriz cognitivista-conexionista que adota entre outros princípios, o paralelismo entre as macroestruturas de representação verbal e imagética, e o princípio da contigüidade (Mayer e Anderson, 1992).

Baseados nos princípios da Teoria de Codificação Dual, Mayer e colaboradores organizaram experimentos de caráter avaliativo de desempenho, nos quais as seqüências de animação e narração (oral ou escrita) envolvendo dispositivos mecânicos eram combinadas. A partir dessas combinações, algumas questões de pesquisa foram examinadas, como por exemplo, colocar à prova o princípio da contigüidade (Mayer e Anderson, 1992), confrontar habilidade espacial com seqüências de animações e narrações (Mayer e Sims, 1994), comparar a influência da representação oral e da representação escrita sobre animações (Mayer e col. 1996), verificar a ocorrência do efeito desdobramento de atenção em animações multimídia envolvendo a concomitância de atenção visual imagética e escrita (Mayer e Moreno, 1998).

Entre as conclusões, recomenda-se usar canais sonoros para expressão verbal concomitantemente à veiculação da animação, pois nesse arranjo os recursos de memória de trabalho são menos exigidos quando comparados à representação verbal escrita (Mayer e Moreno, 1998). Os autores consideraram que seu estudo foi o primeiro a verificar que os estudantes aprendem melhor quando uma narração oral é apresentada durante uma animação do que quando

textos são concomitantemente apresentados à animação. A concomitância de representações é decorrente do princípio da contigüidade e está sempre presente nos estudos do grupo.

Por ser de fundo conexionista, a justificativa para a contigüidade temporal entre narração e animação está no fato de a contigüidade entre palavras e imagens encorajar os alunos a construir conexões entre as representações verbal e visual da informação de entrada, o que por seu lado sustenta a transferência para a solução de problemas (Mayer e Anderson, 1992, p. 450). É certo, portanto, que a informação está associada à palavra e à imagem, tendo pouca ou nenhuma consideração a locução que por si só já acrescenta elementos da temporalidade. De fato, a abordagem do tempo nesses estudos limita-se à linearidade das seqüências narração-animação e não reconhece o entremeado intertextual que já está presente na narrativa oral, escrita ou imagética.

Mesmo que se ignorem alguns condicionantes do contexto dos experimentos, particularmente a experiência prévia dos alunos com dispositivos mecânicos e as características do material de apoio, é razoável considerar que há muitos outros aspectos importantes a serem investigados, para além da verificação da determinação das imagens e do som sobre a construção de significado. É exatamente a natureza dessa determinação e de suas articulações com as atividades de ensino que podem subsidiar tanto a compreensão das formas como os alunos agem em situações de proposição e resolução de problemas, como o planejamento das funcionalidades do ambiente, por meio do qual os meios mediacionais icônico, gráfico, animado serão veiculados. Se a contigüidade é um elemento constitutivo de qualquer narrativa audiovisual, e ao mesmo tempo, as conexões entre representações visuais e verbais são partes das hipóteses da Teoria da Codificação Dual, então disso decorre obviamente que a estrutura temporal da narrativa deve ser coerentemente organizada para que as conexões entre as representações se efetivem. Definir objetivamente os meios para enunciar a voz do narrador e as vozes dos alunos ao longo da atividade, organizar espacial e temporalmente esses meios e suas funcionalidades são atitudes práticas que podem contribuir decisivamente para o desenvolvimento de

gêneros discursivos específicos que sustentem uma gama diversificada de atividades envolvendo elementos de animação. No entanto, para interpretarmos a construção de significados, a questão de fundo está em como ocorre a apropriação pelos alunos desses gêneros discursivos por meio de atividades estruturadas, como seus enunciados se constituem pela inter-animação com as vozes das narrativas, ou seja, é menos entender como se transmite e mais como se interage.

Já nos aplicativos de simulação, transpõe-se o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de modo a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e de modo também a representar visualmente o fenômeno na tela do computador. Para simular o fenômeno, o programador tem três possibilidades para escolher as leis que serão codificadas. Aquelas que interpretam os fenômenos a partir de representações algébricas derivadas de modelos teóricos *stricto sensu*, ou seja, sem a participação de medidas experimentais, as quais chamamos simulação por primeiros princípios. A segunda categoria de programação codifica leis que contêm parâmetros ajustados para reproduzir medidas experimentais, que chamamos de simulação semi-empírica. Finalmente, o código de simulação pode se basear em leis puramente empíricas, ou seja, em representações algébricas derivadas das medidas experimentalmente observadas, que chamamos de simulação empírica. A simulação de um corpo em queda livre a partir das leis gerais da mecânica e a simulação da geometria de uma molécula a partir das equações de Hartree-Fock são exemplos de simulação por primeiros princípios. Do ponto de vista do ensino, a diferença fundamental entre ambas é a natureza da visualização do fenômeno, ou seja, a relação que se estabelece entre os parâmetros embutidos nas leis e os parâmetros objetivados nas propriedades do objeto visualizado.

Do ponto de vista da teoria do conhecimento, a simulação conjugada à visualização conduzem a uma mudança de fundo no estatuto do fenômeno de grande potencial para a educação em ciências. Em vista da justaposição do controle das variáveis embutidas nas leis físicas à representação visual do próprio fenômeno, sugerimos que, durante a elaboração de narrativas explicativas, o

aluno poderá se referir tanto aos ditames teóricos, quanto aos eventos empíricos circunscritos ao fenômeno, o que poderá contribuir para o domínio dos dispositivos de pensamento característicos da comunidade científica.

No exemplo do aplicativo de construção gráfica mencionado acima, a simulação empírica do fenômeno pode permitir o controle sobre a fonte de energia térmica, consentindo ao aluno ajustar os tempos de aquecimento e de ebulição e verificar seu efeito sobre a correlação das variáveis temperatura e tempo. Para repercutir na elaboração de hipóteses, o controle sobre as variáveis deve passar por diversos processos de generalização. Se nas situações em que ocorrem esses processos de generalização pudermos dispor simultaneamente os fatores empíricos (alteração na aparência do sistema, medidas de temperatura e de tempo, intensidade da fonte de calor) e teóricos (relação de proporcionalidade calor – variação térmica, representação gráfica das variáveis) associados ao fenômeno, poderemos verificar como varia a medida de generalidade de um conceito, como o aluno irá se referir aos fatores empíricos e teóricos nos seus enunciados, quão gerais ou particulares, concretas ou abstratas serão suas proposições. A simultaneidade da presença e do controle dos fatores empíricos e teóricos do fenômeno simulado nos coloca diante de cenários inexplorados de investigação sobre a construção de significados. Pelas mesmas razões, a tensão teoria-empíria típica do fenômeno simulado pelo computador, diferentemente do fenômeno real, da animação ou da reprodução audiovisual, torna-se cenário ímpar de referências para o aluno elaborar significados. O que vemos se constituir nas situações de simulação é um ambiente de simulação que, porque combina diferentes formas de representação e de ação, pode vir a desencadear processos de produção de sentido de alto valor cognitivo.

Nossa hipótese prevê que na medida em que o aluno interage nesta esfera de comunicação e de atividades e se apropria desses dispositivos sócio-técnicos, seus dispositivos de pensamento sejam determinados pelos critérios de valor estabelecidos na conjugação teoria-empíria, o que repercute tanto nos seus enunciados, como nas suas formas de agir. Esta seria a principal contribuição dos estudos sobre os fenômenos simulados para a educação em ciências, do ponto de

vista da teoria do conhecimento. Nas circunstâncias em que a atenção do aluno esteja mobilizada por uma aplicação simuladora do fenômeno, o controle sobre as variáveis pode ser exercido com o intuito de observar regularidades, estabelecer premissas, fazer previsões, ou ainda a própria representação visual do fenômeno simulado pode servir de referência para o aluno elaborar narrativas explicativas acerca do fenômeno no meio natural. Conforme sugerimos em outro estudo (Giordan 1999), o controle sobre temperatura, pressão e volume de gases pode ser mais eficiente para fins de elaboração de modelos, quando cada uma dessas variáveis do sistema experimental é convertida, por meio de uma simulação semi-empírica, em um análogo do fenômeno real, e pode, portanto, ser modificada, o que permite ao aluno fazer previsões e simultaneamente observar os efeitos das alterações das variáveis. Neste sistema, a combinação de formas de representação do fenômeno é particularmente útil para criar um ambiente de simulação, na qual sejam elaboradas narrativas explicativas sobre a teoria cinética dos gases, relacionando a fenomenologia macroscópica com a fenomenologia das partículas.

Solomonidou e Stavridou (2001) relataram o desenho e o desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem que contém simulações e visualizações de experimentos sobre equilíbrio químico, simulações de reações químicas representadas no nível atômico-molecular, que na verdade podem ser consideradas como animações, representações simbólicas das reações químicas, gráficos dinâmicos e uma seqüência de problemas por meio dos quais a lei de constante de equilíbrio é derivada. Uma das características desse estudo diz respeito à influência da pesquisa das concepções dos alunos sobre equilíbrio químico no desenho e desenvolvimento da arquitetura do ambiente de aprendizagem. Apesar de as autoras considerarem esta a principal característica do ambiente para promover a mudança nas concepções dos alunos, por meio de situações de conflito cognitivo, parece-nos que a combinação entre as formas estática e dinâmica de representação do fenômeno - macroscópico, atômico-molecular, simbólico e matemático - em uma única tela aliada à possibilidade de intervenção dos alunos na alteração dos parâmetros e das variáveis do sistema é

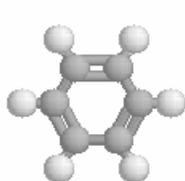
o fator que provê os alunos com os meios mediacionais necessários para executar ações, que repercutem tanto na resolução de problemas, quanto na elaboração de narrativas explicativas. Portanto, nossa hipótese sugere que o uso orientado de meios mediacionais para a resolução de problemas no ambiente de simulação do fenômeno de equilíbrio químico é aquilo que determina suas ações, as quais repercutem na elaboração de significados, sem que necessariamente ocorra conflito cognitivo. Para dirimir o conflito dessas hipóteses, sugerimos investigar se, nas situações de interação com o ambiente de aprendizagem, os dispositivos de pensamento característicos das concepções alternativas - inventariadas em inúmeros estudos - estão presentes nas narrativas dos alunos e então analisar se suas estruturas e funções se preservam quando os meios mediacionais do ambiente de aprendizagem estão à disposição dos alunos.

De modo geral, a simulação tem sido pouco empregada como meio para transpor o fenômeno para o computador. Na maior parte dos casos, animações são embutidas em ambientes de aprendizagem, as quais estão integradas a outras aplicações (Gredler 1996, p. 523). Nem mesmo para a representação do experimento tem sido observada a programação de aplicativos no sentido de fazê-los reproduzir alguma lei, mesmo que seja empírica. No caso da representação do nível atômico-molecular, seja para tratar de movimento ou de transformação, é comum observar a utilização de leis da mecânica molecular, mas não da dinâmica molecular, na programação dos aplicativos. Nesses casos, os aplicativos se restringem à visualização dos objetos moleculares.

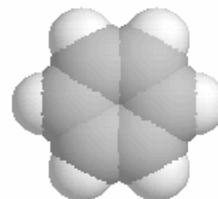
Chamamos de objetos moleculares as representações destas partículas submicroscópicas, cujo meio de veiculação pode variar desde o papel, passando pelos conjuntos plásticos, isopor e madeira, chegando à tela do computador ou à projeção holográfica. Variam-se o meio e também as formas de representação, neste caso com o objetivo de destacar uma ou outra propriedade da molécula. Portanto, o objeto molecular é uma entidade iconográfica que serve tanto para propósitos de indexação e referência, como para mimetizar determinada propriedade molecular, tendo esta a característica de ser simulada por meio de um sistema de equações quando o objeto é veiculado pelo computador. Exemplos de

objetos moleculares podem ser encontrados em livros didáticos, artigos científicos, jornais, televisão, servindo de referência para designar moléculas simples ou relativamente complexas. Nas Figuras 2.1 e 2.2, apresentamos algumas formas típicas de representação do objeto molecular encontradas em diversos meios de divulgação.

Figura 2.1: Representações da molécula de benzeno.

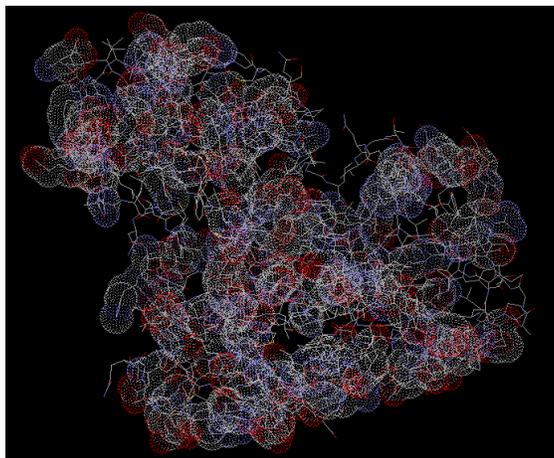


a)

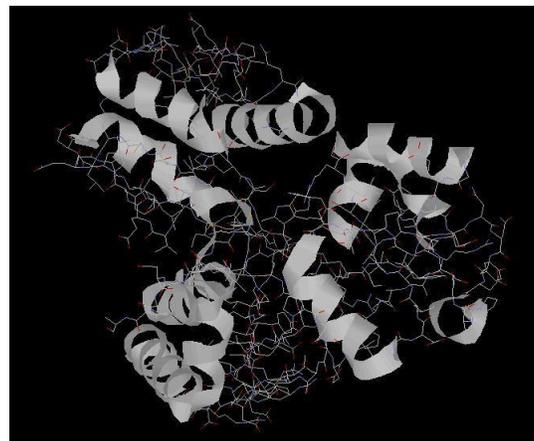


b)

Figura 2.2: Representações da macromolécula de proteína 1GTK, encontrada na *Escherichia coli*.



a)



b)

Caso se deseje destacar alguma propriedade molecular, como por exemplo, composição elementar, distâncias de ligação, volume, distribuição de cargas, estruturas secundárias, emprega-se a forma de representação mais adequada, ou seja, aquela representação que melhor traduza a propriedade simulada em uma imagem. Nos ambientes computacionais de visualização do objeto molecular, a simulação das propriedades do ente molecular é codificada a partir de um conjunto de equações que obedecem a leis empíricas, semi-empíricas ou de primeiros princípios da mecânica clássica ou da mecânica quântica, e simultaneamente o objeto molecular é imagetivamente representado através de diversos elementos iconográficos que se associam à posição das partículas (esferas), ligação entre elas (traços), volume (composição de esferas), distribuição de cargas (pontilhados), estruturas secundárias (superfícies curvas) etc. Neste ambientes, o aluno pode escolher as formas de representação e simultaneamente controlar algumas variáveis do sistema.

Uma decorrência importante da manipulação de diversas formas de representação é a possibilidade de conferir um efeito vinculativo entre a variável, de natureza teórica, e a forma de representação da propriedade, de natureza imagética. A visualização de objetos moleculares mediada pelo computador promove, portanto, a vinculação entre a simulação de uma propriedade da molécula e sua representação em um mesmo meio. Esta é uma situação de alto valor didático capaz de mobilizar as ações dos alunos na manipulação do objeto, na elaboração discursiva e também na elaboração de significado. Temos desenvolvido um ambiente computacional que permite construir representações animadas e simuladas do objeto molecular, no qual as funcionalidades descritas acima estão implementadas (Giordan e Góis, 2005). A concepção sociocultural subjacente ao desenvolvimento do ambiente *Construtor* além de propiciar um contraponto à perspectiva construcionista, defendida por Ribeiro e Greca (2003) em revisão sobre simulações e modelização na Educação em Química, permite também organizar um cenário de pesquisa para investigar diversas questões de pesquisa. No Capítulo 4, voltaremos a tratar do desenvolvimento deste ambiente.

Existe também uma extensa literatura sobre visualização molecular. Lazlo (1995) discute amplamente questões de natureza lingüística em seu livro 'A palavra das coisas ou a linguagem da química', sendo uma referência importante no debate sobre linguagem química. Yamalidou (2001) sugere a utilização de objetos moleculares tridimensionais em situações de ensino, após uma profícua discussão sobre o discurso dos molecularistas britânicos do século XIX. A estética das representações moleculares também é discutida por Spector (2003), que se concentra na análise de tabelas de afinidades e da simbologia introduzida por Dalton sugerindo que ele tenha sido o precursor de uma transformação epistêmica e estética de formas de representação na química do século XIX e XX.

Visualizações estáticas foram estudadas por Gabel e Bunce (1991), e por Williamson e Abraham (1995) indicando um aumento do entendimento dos alunos sobre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Nesses estudos, a visualização molecular sustentou a elaboração de modelos mais compatíveis com os fenômenos submicroscópicos. Entretanto, os modelos estáticos são deficientes para descrever a natureza dinâmica de alguns processos estudados pelos alunos, como pôde-se verificar nos estudos sobre equilíbrio químico de Solomonidou e Stavridou (2001), e Kozma e col. (1996). Outras questões sobre referencialidade e indexação dos objetos moleculares foram estudadas seguindo uma linha de processamento de informação, na qual os autores observaram que muitos alunos não foram capazes de 'traduzir' fórmula, distribuição eletrônica e modelos 'bola-vareta' (Keig e Rubba, 1993).

Um dos trabalhos importantes a ser considerado no debate sobre visualização molecular e seus desdobramentos na Educação em Química foi relatado por Wu, Krajcik e Soloway (2001). Adotando a Teoria da Codificação Dual, o trabalho segue o mesmo referencial teórico em que se apoiaram os estudos sobre animações de Mayer e colaboradores. No entanto, os estudos abordam fenomenologias diferentes, o que nos permite avaliar a sustentação dessa teoria quando questões sobre a estrutura da matéria estão em pauta. No seu trabalho, Wu e colaboradores adaptaram os três tipos de conexão dos níveis representacionais (verbal, imagético, verbal-imagético), substituindo o termo

verbal pelo termo conceitual, para estudar como alunos desenvolvem seu entendimento sobre representações químicas por meio da utilização de uma ferramenta de visualização.

A metodologia de pesquisa, baseada na aplicação de pré-testes e pós-testes, forneceu um conjunto de informações sobre o desempenho dos alunos na resolução de problemas envolvendo conhecimento de representação química (fórmula e estrutura), distribuição eletrônica, nomenclatura, polaridade de ligações, temperatura de ebulição e solubilidade. Desses resultados, observou-se um aumento significativo no desempenho dos alunos após eles terem participado de atividades com a ferramenta de visualização. Diversos outros incrementos no entendimento de conceitos de química orgânica, na habilidade de traduzir formas de representação e na interpretação de propriedades e estruturas foram constatados nas entrevistas.

Não há dúvida sobre a funcionalidade da ferramenta de visualização e também sobre a engenhosidade da organização desta pesquisa. No entanto, a estrutura das atividades nas quais os alunos estiveram envolvidos indica ter havido descontinuidade e compartimentação<sup>19</sup> das ações, além da ausência de questões problematizadoras. À ferramenta de visualização não foram agregados outros meios mediacionais, por meio dos quais se estruturasse um ambiente, onde aspectos visuais, verbais e gestuais pudessem organizar coerentemente as narrativas. Alienada essa perspectiva, parece-nos improvável avaliar como os três níveis de conexões (verbal, imagética, verbal-imagética) são ativados e se é plausível observar a transferência de representações, pelo menos da forma como os autores argumentam, quando afirmam que a tradução entre representações químicas pode envolver não apenas a recuperação de conhecimento conceitual, mas também a criação de imagens mentais.

Certamente, imagens mentais tomam parte nas ações internas na medida em que os alunos agem com imagens externas cuja função também é a referencialidade. Copolo e Hounshell (1995) observaram que os alunos têm diferentes preferências por diferentes tipos de modelos ou sistemas simbólicos,

---

<sup>19</sup> Por exemplo, organizar uma atividade para os alunos visualizarem representações 2D e 3D, outra para introduzir a nomenclatura IUPAC.

assim como o estudo de Harrison e Tregust (1996) mostrou que os alunos têm uma forte tendência para selecionar a representação de espaço-preenchido em determinadas situações. No entanto, para saber mais a respeito dessas preferências é preciso considerar como os alunos agem com os objetos moleculares de acordo com outros condicionantes de uma ação determinadamente mediada, como o tipo de propriedade em discussão, ou a função do objeto molecular na construção da narrativa explicativa. Neste sentido, parece-nos que para responder perguntas sobre como os alunos interagem com diferentes formas de representação é preciso ir além da metodologia de pré-testes e pós-testes e se concentrar mais sobre a estrutura das atividades de ensino, sobre o próprio cenário experimental e sobre a produção de narrativas explicativas.

No que se refere às atividades de ensino, o efeito realístico da visualização molecular deve ser aproveitado para sustentar a elaboração de modelos ou narrativas explicativas, mesmo considerando que os objetos moleculares visualizados possam vir a ser elevados ao status de reprodução da 'realidade' do nível atômico-molecular. Isso porque, não nos parece que o apelo visual da representação molecular seja o fator determinante da formação de visões realísticas de ciências. Nisso, as formas de referência ao objeto representado como o próprio ente molecular são mais influentes<sup>20</sup>, e por essa razão deve-se considerar o diálogo como ação prioritária nas atividades de ensino, mais ainda quando se exige confrontar realismo e consensualismo na sala de aula de ciências. Voltaremos a tratar da visualização molecular nos Capítulos 3 e 4, onde discutiremos especificamente as formas de interação com o computador e suas repercussões para as formas de representação interna e externa, e para a elaboração de significados.

---

<sup>20</sup> Referir-se aos entes representados como os próprios entes, figura de linguagem conhecida como metonímia, pode se configurar em um obstáculo verbal mais prejudicial à elaboração de significado do que a metáfora do objeto molecular, na medida em que pela metonímia não se evidencia no ente molecular seu caráter de construto teórico.

## **Comunicação mediada por computador**

É evidente que a interação do aluno com os aplicativos de simulação ou com sistemas tutoriais não esgota as formas de uso do computador na educação em ciências. Uma forma de se contrapor ao realismo da visualização molecular é fomentar o diálogo dos alunos entre si, de modo a realçar a busca do consenso como um dos propósitos das atividades que se realizam diante do computador. Este diálogo pode ocorrer em interações na presença do computador, sobre o que discorreremos adiante, e também por meio do computador. Tanto assim, que a comunicação mediada por computador é uma das formas de aplicação mais investigadas no contexto da educação escolar, principalmente após a disseminação do uso da internet, sobre a qual passaremos a tecer breves considerações.

A comunicação mediada por computador se concretiza por meio de redes de computadores, uma idéia que surgiu em meio a muitas iniciativas desencadeadas pelo governo dos Estados Unidos quando do lançamento do primeiro satélite no espaço, na segunda metade da década de 1950. Por determinação do Departamento de Defesa daquele país, iniciaram-se estudos com vistas a desenvolver um sistema de troca de informação entre os computadores, que já eram reconhecidos como principais recursos para processar e armazenar informações. Prevaleceu na época uma proposta de troca de informação por meio de pequenos pacotes, em contraposição à idéia de trocas de grandes volumes de informação. O modelo de comutação de pacotes, no qual os computadores permanecem permanentemente conectados, culminou com o desenvolvimento de um protocolo de troca de pacotes e finalmente com sua padronização. A publicação do protocolo TCP/IP é considerada como o marco de fundação da internet, o que ocorreu em 1980, onze anos após a primeira experiência de conexão de computadores a longa distância.

A internet foi rapidamente adotada no meio universitário internacional, mas sua popularização só teve início após a gigante Microsoft ter admitido que a comunicação em rede seria a principal aplicação dos computadores, isso já em meados da década de 1990 quando foi lançado seu navegador. Outro fator

importante para a disseminação do uso da internet foi o desenvolvimento da linguagem estruturada de hipertexto (HTML), e dos aplicativos que permitiam o acesso aos documentos produzidos nesta linguagem. Antes disso, a troca de arquivos e mensagens era mediada por interfaces que exigiam do usuário o domínio de uma sintaxe de comandos relativamente complexa. Em 1993, foi lançada a primeira versão do aplicativo que permitia a leitura de documentos escritos em HTML que fora desenvolvida alguns anos antes por Tim Barnes Lee. O HTML reúne uma série de comandos que permitem integrar em um mesmo documento escrita, som, imagens estáticas e em movimento. Além desta integração de formas de representação em um mesmo documento, a linguagem viabiliza o acesso do usuário a outros documentos localizados em diferentes computadores por meio de vínculos acionados pelo cursor do *mouse*.

Esta propriedade de relacionar documentos tem, sem dúvida, um grande impacto para incrementar a interatividade na comunicação mediada por computador. Ela é a base para o funcionamento de fóruns de discussão, salas de bate-papo, comunidades de interesse, diários eletrônicos, entre muitos outros serviços que têm revolucionado a comunicação humana. Com o recurso de localização única (URL) do documento, seu autor disponibiliza acesso para qualquer usuário conectado à rede. No limite de conectividade dos usuários e de acessibilidade aos documentos, a internet é o espaço mais democrático de produção de conhecimento já criado.

Sem dúvida, a popularização da internet é fruto da simplificação das interfaces de comunicação usuário-computador. Graças às funcionalidades do HTML e principalmente aos aplicativos que produzem documentos nesta linguagem, sem mesmo que o usuário saiba que ela existe, hoje é possível se beneficiar da capacidade de programação para publicar textos, trocar cartas, conversar usando o teclado, a voz e os gestos. No entanto, não se pode desconsiderar o esforço gigantesco de empresas de computadores, *softwares* e telecomunicações, e de governos para difundir a idéia da Sociedade da

Informação, ainda que no Brasil as escolas públicas tenham permanecido à margem dos projetos oficiais<sup>21</sup>.

As aplicações da internet na escola básica são hoje em dia reconhecidamente variadas. Alinhando nossos interesses de pesquisa com a necessidade de focar a discussão sobre temáticas específicas, optamos aqui por abordar as experiências e estudos sobre as interações entre alunos por meio do computador, mesmo sabendo do potencial educacional do imenso banco de dados da teia hipertextual. Muitos dos estudos sobre comunicação mediada por computador (CMC) na escola têm sido realizados por pesquisadores da área de linguagem, talvez pelo fato de a internet ter permitido uma interação rápida e de baixo custo entre falantes de línguas diferentes. No início dos anos de 1990, já era possível observar os efeitos da CMC sobre as atitudes de alunos do ensino médio em programas de intercâmbio entre escolas bilíngue do México e dos Estados Unidos (Meagher e Castaños 1996). Segundo estes autores, a análise semântica de respostas a questionários sugeriu que a CMC facilitou a percepção dos valores culturais pelos estudantes, o que foi corroborado posteriormente pela análise do conteúdo das mensagens de correio eletrônico trocadas entre os alunos.

Se por um lado, a estrutura não hierarquizada e o potencial para encorajar a aprendizagem colaborativa são duas características da internet que justificam o desenvolvimento de atividades de ensino mediadas por listas de discussão (Cronjé 2001), por outro lado, a diversidade de modos comunicacionais e as dificuldades para planejar atividades de ensino podem inibir a integração da internet nas práticas de sala de aula, especialmente se os professores não recebem formação específica (Dawes 1999). Também a heterogeneidade dos gêneros discursivos das mensagens de correio eletrônico pode ser afetada por numerosos fatores específicos da situação e da estrutura social, os quais determinam o evento comunicacional em andamento (Yates 1996, p. 46). Mesmo sendo veiculados por textos escritos, os estudos que procuram caracterizar as locuções de correio eletrônico como mais assemelhadas à escrita ou à fala têm afirmado que a complexidade das formas enunciativas é um indício de que

---

<sup>21</sup> No final de 1999, foi lançado o Programa Brasileiro para a Sociedade da Informação, sobre o qual fizemos uma análise desde uma perspectiva educacional (Giordan, 2000).

estamos diante de um inusitado meio de comunicação (Baron 1998; Giordan 2003; 2004).

Do ponto de vista da estrutura dos diálogos realizados por meio do correio eletrônico, tem-se observado que os alunos fazem uso de perguntas como principal estratégia de interação (Cronjé 2001; Meij e Boersma 2002) durante atividades estruturadas de ensino na sala de aula. Esta atitude também foi observada em atividades extra sala de aula, nas quais os alunos procuravam espontaneamente um serviço de tutoria, cuja interação tutor-aluno se baseava na troca de mensagens por correio eletrônico (Giordan e Mello 2000b). A análise destas perguntas demonstrou que os alunos as elaboram com vistas a resolver problemas suscitados na sala de aula.

Também com o propósito de vincular as atividades que se desenvolvem no interior da sala de aula de ciências àquelas realizadas por meio do correio eletrônico, tem-se observado um crescente interesse em desenvolver ambientes na internet que subsidiem a interação dialogada entre alunos, principalmente com vistas a valorizar a argumentação (Bell e Lin 2000; Ravenscroft 2000). Estes trabalhos partem do princípio de que os alunos podem aprender ciências a partir de discussões assíncronas estruturadas, como sugeriram os resultados de um estudo em que se comparou a influência de comentários e de textos narrativos na consecução de um debate histórico sobre a luz e seu espectro de cores (Hoadley e Linn 2000). Neste sentido, o planejamento das atividades realizadas pelo correio eletrônico parece desempenhar uma função determinante sobre a efetividade das ações dos alunos, cuja estrutura está visível no movimento discursivo dos diálogos mediados por esse meio de comunicação. Portanto, a análise dos diálogos se constitui em um valioso procedimento de investigação para compreender não apenas como os significados estão sendo elaborados, mas também como proceder no planejamento de atividades mediadas pelo correio eletrônico.

Os resultados destes estudos sugerem ainda a possibilidade de se prolongar as interações síncronas da sala de aula para as interações assíncronas do correio eletrônico, o que pode ampliar os meios e as formas enunciativas. Parece-nos que o valor deste prolongamento de interações para a educação em

ciências está em orientar o planejamento das atividades de ensino de modo a absorver o correio eletrônico na organização destas atividades, e simultaneamente incentivar a inter-animação das vozes enunciadas por locuções faladas e escritas, e assim subsidiar a vinculação das atividades que ocorrem dentro e fora da sala de aula. Partindo deste princípio, seria possível investigar as situações de sala de aula com os enfoques do ensino ou da aprendizagem e confrontar com os resultados de pesquisa sobre a ansiedade dos professores em relação às tecnologias da informação e comunicação (Russell e Bradley 1997), ou sobre as concepções dos professores sobre o uso do computador na sala de aula (Drenoyianni e Selwood 1998), ou sobre as atitudes dos alunos em relação aos usos educativos do computador (Selwyn 1999), estudos que desconsideram a análise das ações na sala de aula como uma conduta investigativa necessária para compreender o ensino e a aprendizagem.

Diversas outras experiências de comunicação pela internet entre escolas de diferentes contextos culturais têm sido relatadas (Garner e Gillingham 1996), a partir das quais pode-se apreender um vasto campo de investigação desde perspectivas multiculturais, lingüísticas, etnográficas, comunitárias, e sob diversos outros enfoques dentro da educação em ciências, como as chamadas parcerias alunos-cientistas (Cohen 1997). Além da modalidade assíncrona, a comunicação mediada por computador tem sido explorada em situações de salas de bate-papo da internet (*internet relay chat*), onde os alunos se comunicam em tempo real (Ingram, Hathorn e Evans 2000). Neste sentido, os programas de pesquisa que têm como referência o fato de as interações da sala de aula serem situadas em contextos sócio-institucionais específicos e de essas interações determinarem as ações externas e internas dos alunos, dispõem de uma nova modalidade de comunicação para ser investigada.

### **A dinâmica das interações da sala de aula na presença do computador.**

Os programas de pesquisa de matriz sociocultural têm uma longa tradição no estudo das interações dialogadas da sala de aula. A natureza dos diálogos da

sala de aula vem sendo estudada de forma sistemática a partir do seu registro e de variadas técnicas de análise, de modo que já há uma vasta literatura de revisões sobre o tema (Edwards e Westgate 1994; Hicks 1995; Wells 1999; Cazden 2001). Esses estudos são unânimes em constatar que a estrutura IRF foi um dos primeiros padrões discursivos registrados em salas de aula inglesas (Sinclair e Coulthard 1975) e norte-americanas (Mehan 1979), e que também tem sido observada em salas de aula brasileiras (Machado 1999; Capechi e Carvalho 2000; Mortimer 2000) e mexicanas (Candela 1999). Por meio de *Iniciações*, o professor normalmente se dirige aos alunos na forma de perguntas que são *Respondidas* e recebem uma apreciação do professor, normalmente avaliativa, na forma de *Feedback*. Analisando episódios de aulas de ciências no ensino secundário, Lemke (1990) observou o mesmo padrão discursivo ao qual chamou de diálogo triádico, asseverando se tratar de uma estrutura básica de comunicação destas salas de aula, por meio da qual o professor controla o fluxo do diálogo e o próprio padrão temático. Da mesma forma, ao observarem que os professores usavam o *feedback* para revozear os alunos com o intuito de confirmar ou reformular seus enunciados, Edwards e Mercer (1987) também se referiram ao IRF como um meio de manter o controle sobre as estruturas discursiva e temática dos episódios de ensino.

No entanto, o controle assimétrico exercido pelo professor sobre o fluxo do diálogo não é a única função exercida pela tríade. Conforme foi observado por Wells (1993), o terceiro movimento pode ser usado para dar seqüência ao diálogo na direção de estender a resposta do aluno ou fazer ligações com outras passagens do episódio de ensino ou de episódios anteriores. Por sua vez, Candela (1999) observou que os alunos são capazes de reverter a tríade em situações de negociação de significado, nas quais eles resistem à versão do professor por estarem em desacordo. Esta inversão das tríades também foi observada em uma situação de tutoria pela internet, na qual a aluna exerceu controle parcial sobre o fluxo do diálogo e sobre o padrão temático, iniciando ela mesma a interação com perguntas, o que foi considerado uma forma de debate

por correio eletrônico (Giordan, 2004). Trataremos em detalhes os resultados desta pesquisa no Capítulo 6.

Para as situações em que apenas os alunos são os interlocutores diretos, a diversidade das modalidades discursivas pode aumentar consideravelmente, conforme indica a característica multifuncional das locuções observada por Barnes e Todd (1995) em estudos sobre atividades colaborativas entre alunos do ensino fundamental. Sob forte influência bakhtiniana na segunda edição de seu livro, os autores sugeriram que o significado é indeterminado e está distribuído entre as trocas enunciativas em lugar de ser inerente a qualquer uma delas (1995, p. 141).

De fato, estudos recentes sobre o papel da audiência, ou seja, do endereçado no processo enunciativo (Herrenkohl e Guerra 1998), situações de trabalho colaborativo com e sem a intervenção do professor (Hogan, Nastasi e Pressley 2000), interação escrita-oralidade em pequenos e grandes grupos de discussão (Mason 1998), as funções de perguntas de alunos e professores em discussões guiadas (Zee e col. 2001), os papéis desempenhados pelos alunos em atividades práticas mediadas pelo computador (Kelly e Crawford 1996; Kelly, Crawford e Green 2001), e sobre o desenvolvimento de ferramentas de análise e planejamento de ensino com base nos conceitos de narrativa, interação e dialogia (Mortimer e Scott 2002), indicam a ocorrência de diversas modalidades discursivas nas salas de aula de ciências.

No mesmo sentido dos estudos que tratam o diálogo como elemento estrutural das atividades da sala de aula, investigações sobre como os alunos do ensino fundamental conversam em atividades realizadas diante do computador também têm contribuído para compreender a natureza das interações de ensino e aprendizagem (Wegerif e Scrimshaw 1997). Da análise destas interações diante do computador, foram sugeridas três formas de diálogos, chamados de cumulativo, disputativo e exploratório (Fischer 1997), cujas semelhanças com os tipos de diálogos observados na ausência do computador (Mercer 1997) indicam que a estrutura de determinadas atividades colaborativas em pequenos grupos podem ser intercambiadas entre situações com e sem a presença do computador.

Outra contribuição importante deste grupo de pesquisa foi a constatação da ocorrência de uma seqüência de enunciados entre os movimentos de iniciação e resposta na tríade IRF, que foi chamada de Discussão (de onde propuseram o quarteto IDRF), dada a natureza exploratória dos diálogos (Wegerif e Mercer 1996). Nestes casos, o aplicativo computacional foi responsável pelos movimentos de iniciação e seqüência, e não de avaliação como se observa freqüentemente em diálogos triádicos entre professor e alunos. Recentemente, Cárdenas (2004) constatou em uma investigação sobre domínio e apropriação de ferramentas culturais que os alunos se tornaram competentes em lidar com termos dêiticos e com referências intertextuais, em reconhecer padrões culturais e em negociar a divisão do trabalho, quando interagiram para produzir páginas Web em atividades estruturadas de letramento diante do computador. Assim, os estudos deste grupo de pesquisa sobre o desenvolvimento de competências de comunicação discursiva e de formas de pensamento têm revelado o alto potencial do computador para mediar ações que repercutam em elaboração de significados.

Em um número especial sobre deliberação com computadores, um conjunto de investigações trouxe novos indícios de que o computador pode e de fato inicia, modela distintamente e apóia diálogos educativos (Littleton e Wegerif, 2003, p. 790). Em sua análise sobre estas investigações, Wertsch (2003) destaca a existência de vínculos genéticos entre os planos intermental e intramental também em situações nas quais o computador é o meio mediacional estruturante das ações. Esta sinalização nos permite levantar a hipótese de que a correlação entre as formas de uso do computador e de apropriação dos gêneros discursivos é a chave para compreendermos como e por que estas novas formas de mediação estão vinculadas às formas de pensamento. Atividades estruturadas na comunicação mediada por computador que estimulam o aluno a perguntar e descrever com detalhes suas dúvidas indicaram, por vezes, a possibilidade de o aluno ocupar uma posição de controle sobre o fluxo do diálogo, algo como uma subversão de tríades IRF (Giordan, 2003) e, por outras, a possibilidade de domínio do silogismo e do gênero hipotético-dedutivo (Giordan, 2004).

## **Perspectivas.**

Nesta breve revisão de estudos sobre seis principais formas de uso do computador em aulas de ciências, defendemos a necessidade de se investigar como alunos e professor interagem diante do computador em situações de ensino. Este nos parece ser o cenário prioritário de pesquisa quando se pretende avaliar as possibilidades e limitações de uso de um meio mediacional que condiciona fortemente as ações de ensino e também os processos de aprendizagem e desenvolvimento de funções mentais superiores. Estes cenários são ainda mais prioritários se considerarmos as alterações nas noções de audiência e de fenômeno, resultantes das formas de interação que se vislumbram com essa tecnologia.

Eis que os computadores chegaram às escolas e os professores continuam a exercer sua profissão, sem que tenham sido substituídos por máquinas, como ocorreu em muitos outros setores do mundo do trabalho. Parece-nos que há mais demanda por esse profissional do que em épocas remotas, o que certamente se explica pelo aumento da população, e não por algum 'milagre' tecnológico. Porém, a pressão pela demanda desses profissionais não é apenas quantitativa; exige-se cada vez mais deles para lidar com o mundo governado por redes, sejam elas de informação, de produção, ou mesmo de poder. A sala de aula é mais que um nó de uma rede, pois desde sempre as ações que ali se desenvolvem têm sido influenciadas por intensos diálogos de cada um de seus agentes entre si e com suas comunidades. Ainda que estes diálogos venham sendo subestimados, a sala de aula é desde sempre uma rede dialógica de interações. Se o computador será usado para fortalecer esta rede é uma questão que diz respeito a um complexo sistema de relações culturais, políticas, econômicas e fundamentalmente educacionais.

Antes de nos atrevermos a censurar ou recomendar formas de uso na sala de aula de uma tecnologia decididamente incrustada na sociedade, devemos ser moderados e reconhecer que é necessário investigar o que ali se passa, com a única certeza de que buscamos respostas para perguntas que possam nos lançar

para além da atmosfera conservadora que caracteriza os momentos de ruptura paradigmática. Desta perspectiva, vamos considerar em detalhes nos próximos capítulos algumas investigações que realizamos durante um programa de formação continuada de professores, no qual pudemos acompanhar a implantação da internet no cotidiano escolar. Discutiremos também as modalidades de interação observadas em um sistema de tutoria pela internet, envolvendo alunos e professores do Ensino Médio. Trataremos de aprofundar nossa discussão sobre as implicações epistemológicas do uso do computador para simular fenômenos, considerando desta vez o desenvolvimento de ambientes virtuais de ensino. Antes, porém, devemos nos ocupar com questões relativas ao registro das ações por meio do computador, que também nos apresentam um quadro verdadeiramente inusitado, quando exploramos o potencial de convergência digital desta tecnologia.

# CAPÍTULO 3

## ALGUMAS QUESTÕES TÉCNICAS E METODOLÓGICAS SOBRE O REGISTRO DA AÇÃO NA SALA DE AULA: APLICATIVOS, CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DIGITAIS



Neste capítulo, o computador é visto como uma estação de trabalho que medeia atividades organizadas a partir de um conjunto diversificado de interfaces, e ainda, no seu limite material, tem nos permitido romper com coerções espaço-temporais como nenhum outro meio nos permitiu até hoje. Há uma integração muito sucedida dos meios de expressão e registro da ação, do pensamento, da palavra, da imagem no computador, mas acima de tudo, aquilo que mais seria importante, a programação é uma categoria distinta e particularmente para este estudo nos interessa explorar como a programação altera nossa capacidade de organizar e potencialmente analisar os dados.

A pesquisa em situações de ensino da sala de aula tem sido influenciada, entre outros fatores, pelos meios de registro disponíveis para observar alunos e professores. A popularização dos meios magnéticos de registro de áudio influenciou pesquisas sobre a dinâmica discursiva que se iniciaram na década de 70, como os trabalhos de Barnes e Todd (1977), realizados com pequenos grupos de crianças em 1973, e de Sinclair e Coultard (1975) que investigaram algumas salas de aula entre 1970 e 1972. Revisões sobre pesquisas nessa área, como Edwards e Westgate (1994) e Cazden (2001), indicam que a apropriação dos equipamentos de registro de áudio e vídeo pelos pesquisadores alterou a forma como se realiza pesquisa na sala de aula.

Não parece haver dúvidas sobre as vantagens de se registrar as ações da sala de aula em meios que permitam o acesso posterior a diferentes pesquisadores. Neste sentido, o registro audiovisual é um marco para a pesquisa em educação. A pergunta que nos mobiliza em razão do fenômeno da convergência digital de mídias, fruto da combinação de vários meios de produção e consumo da informação e da comunicação para uma única plataforma física, é: o que tem se passado com as formas de registro desde o advento do computador como recurso disponível para organizar o ensino e também a pesquisa?

Certamente, o computador deverá ser reconhecido como um marco para a educação ao longo do século que se inicia, assim como o audiovisual e a imagem, cujo advento remonta o início do século XX. Nosso intento aqui é identificar e discutir alguns recursos disponíveis nos computadores e que podem ser

transpostos para organizar o trabalho de pesquisa sobre as situações de sala de aula, utilizando como exemplo situações de uso do computador como ferramenta de apoio ao ensino, sem prejuízo de extensão para qualquer cenário de convivência humana. Vamos apresentar o computador pelo viés do registro, no qual ele mesmo capta e armazena, tratando de uma questão fundamental de qualquer pesquisa empírica, a coleta de dados.

Inicialmente, nos referimos a algumas contribuições da utilização de tecnologias audiovisuais de registro e apresentamos concomitantemente as razões para o sentido da evolução dessa tecnologia para o formato digital. Na seção seguinte, tratamos das formas de registro escrito com algum aprofundamento das mensagens de correio-eletrônico, discorrendo sobre um aplicativo de tutoria *on-line* desenvolvido pelo nosso laboratório em parceria com um laboratório de engenharia de software. Esse preâmbulo pelos cenários de pesquisa sobre as interações com o computador tem uma finalidade didática de discutir alguns conceitos sobre banco de dados. Nas demais seções, tratamos alguns aspectos gerais do registro, do armazenamento e do tratamento do dado audiovisual que se obtém em sala de aula também com o intuito de mostrar o sentido da evolução digital. Encerramos o capítulo com uma discussão sobre a convergência das atividades de ensino e das técnicas de registro para o computador com um exemplo dos estudos sobre objetos moleculares<sup>22</sup>.

### **A convergência das formas de registro para o computador.**

No primeiro número da revista *Electronic Journal of Science Education*, Yerrick (1996) discute a utilização de computadores na perspectiva das investigações naturalistas, destacando aspectos do tratamento de dados obtidos pela digitalização das filmagens de sala de aula. Iniciando com uma discussão sobre a natureza das investigações naturalistas, o autor defende o vídeo como meio de registro das ações de sala de aula, apoiado em depoimentos de

---

<sup>22</sup> Parte deste capítulo aparece em 'Algumas questões técnicas e metodológicas sobre o registro da ação na sala de aula: captação e armazenamento digitais', (Giordan, 2006).

pesquisadores experientes. Para o autor, o registro em vídeo suscita o engajamento prolongado do pesquisador sobre os dados, que pode visitar o cenário de investigação diversas vezes e coligir as observações extraídas do meio audiovisual com outros registros obtidos na situação de investigação. A utilização de aplicativos para digitalização dos episódios de sala de aula também é abordada pelo autor que já chama atenção naquele momento para a necessidade do pesquisador se dedicar à manipulação de bancos de dados, nos quais diversas fontes de registro estejam armazenadas.

Na publicação *Handbook of research design in mathematics and science education* (Kelly e Lesh, 2000), três artigos discutem em profundidade o tema de registro audiovisual, desde uma perspectiva teórica, passando por discussões metodológicas e também pela apresentação de equipamentos. Hall argumenta sobre o fato de dados registrados em meio audiovisual estarem carregados de tecnologia e teoria com base na idéia de que as tecnologias modelam práticas culturais específicas, notadamente o pensamento humano (p. 648, 2000). Novamente, é possível verificar a influência das formas de registro das ações humanas sobre os modelos teóricos construídos pelos pesquisadores para interpretá-las. Considerações sobre fontes de dados primários são confrontadas com os efeitos da manipulação desses dados, como a eliminação e a reorganização de certos aspectos do fenômeno original, que certamente são influenciados pelas tecnologias de suporte dos registros.

Alguns aspectos práticos para aprimorar a qualidade das análises de registros audiovisuais são discutidos por Lesh e Lehrer (2000), como procedimentos para testar, refinar e estender as interpretações extraídas de fitas de vídeo. Os autores desenvolvem um processo baseado em seis ciclos interpretativos construídos a partir de considerações práticas, físicas, teóricas e temporais sobre as situações de investigação, apresentando um exemplo transcrito de uma situação de sala de aula. Completando as contribuições desse manual, Roschelle (2000) apresenta diversos requisitos técnicos sobre equipamentos com o intuito de auxiliar o pesquisador na escolha de ferramentas para coleta de dados audiovisuais.

O que estamos considerando neste ponto são as vantagens, em termos de manipulação dos dados, inerentes ao formato digital. A primeira delas diz respeito ao acesso não linear a um determinado trecho do registro audiovisual. Vamos considerar que estamos interessados em rever um episódio de sala de aula que temos registrado. Nos meios magnéticos, para se alcançar um determinado trecho do registro é necessário percorrer toda a seqüência anterior, rebobinando a fita. Neste aspecto, o registro digital permite o acesso direto ao trecho, por meio de marcações prévias das cenas, ou ainda, saltando diretamente para próximo do trecho. Estes expedientes reduzem o tempo e a atenção sobre a manipulação dos dados, liberando o pesquisador para se dedicar a outras tarefas.

A segunda vantagem do armazenamento digital pode ser entendida a partir de um dos fundamentos da rede mundial de computadores. Uma das questões básicas sobre o registro das ações de pesquisa em situações de acesso à internet é considerar, que sendo o computador o meio mediacional primário para a interação, o registro das ações pode ser armazenado em bancos de dados do próprio computador. A relação entre bancos de dados é uma das principais características desta tecnologia que permite ampliar a aquisição de informações sobre determinados eventos ou fenômenos. De fato, sistemas de gerenciamento de bancos de dados relacionais têm sido intensamente desenvolvidos nas últimas três décadas, por meio de linguagens de programação (Ramakrishnan, 2002), buscando-se entre outras propriedades dotá-los de ubiqüidade, na medida em que a rede, e não mais o computador isolado, é a depositária final dos dados.

A vantagem de armazenar os dados digitais em bancos de dados correlacionados está exatamente em estabelecer relações entre os dados. Suponhamos que o trecho referente ao episódio de sala de aula que procurávamos no exemplo acima se referisse a um incidente crítico. Em lugar de consultarmos um caderno de anotações contendo a minutagem da fita VHS e as indicações sobre o incidente crítico, resumidas em uma coluna específica, no meio digital é possível lançar mão de uma palavra-chave e chegar ao trecho procurado, o mais prontamente quanto a interface de programação nos permita. Se em lugar de um episódio específico estivéssemos à procura de algum outro episódio com

um determinado grupo de alunos, poderíamos também selecionar esta categoria como diretiva para a seleção dos episódios. Vale notar que as interfaces dos aplicativos de tratamento de dados audiovisuais da sala de aula podem ser facilmente ajustadas a essas operações.

Além dos dados armazenados nos sistemas de controle de acesso, o registro da tela nas situações de uso do computador é tão necessário quanto o registro dos diálogos ou mesmo dos gestos. Se na sala de aula as dificuldades de registro de áudio estão sendo superadas pela combinação de microfones sem fio e mesas de som, como veremos a seguir, em situações de atividade diante do computador é necessário combinar o registro de áudio e vídeo dos usuários com o registro da tela do computador. Neste sentido, a análise conjunta das ações que ocorrem diante do computador, registradas por meio audiovisual, com as ações que se passam no ambiente gráfico do computador ganha mais flexibilidade e dinamicidade quando ambas as ações são combinadas e armazenadas em um mesmo meio de registro. Considerando-se ainda os registros de acesso e de elaboração de respostas que já se encontram armazenados no computador, é bastante cômodo e produtivo fazer do próprio computador o meio para armazenar e dispor todos esses registros. Portanto, quando se trata de estudar situações de ensino diante do computador, é inescapável usá-lo também como meio de coleta e registro dos dados.

Antes de considerarmos a digitalização completa dos registros, de modo que todo o conjunto de dados seja armazenado no computador, e as implicações que isso traz para a organização dos dados, vamos tratar de cada uma das três formas de registro das ações que se desenvolvem diante do computador.

### **Registro escrito: arquivos *log* e arquivos produzidos pelo usuário.**

Alguns dos dados armazenados na maior parte dos servidores internet são os endereços das páginas e o horário de acesso, que estão associados ao número IP da máquina utilizada pelo usuário para acessar o servidor. No caso de servidores Web controlados por senha, é possível ainda registrar o nome do

usuário. Assim, o tempo de permanência em uma página pode ser medido calculando-se a diferença entre os horários de acesso a ela e à página subsequente. Desta forma, é possível avaliar o tempo gasto para resolver um determinado problema, ou ainda para obter informações a partir de uma simulação.

Na Tabela 3.1, observa-se que o usuário *carbono003* permaneceu oito segundos na página de respostas (*registra resposta*) para a primeira atividade do módulo 1 e seis segundos no caso da segunda atividade. O tempo de permanência nas páginas que veiculam as atividades, *mod1.php3* e *mod13.php3* foi de 3'13'' e 5'25'', respectivamente. O tempo de permanência em páginas do sistema é uma variável sob controle, com a possibilidade de ser confrontado com outras variáveis do registro, como em um processo de triangulação de informações, ou na procura por correlações, ou ainda o tempo de permanência pode servir de variável para se perscrutar questões sobre a usabilidade do sistema.

O caminho traçado pelo usuário em um conjunto de páginas – hipertexto, tutorial, portal de informações – também fica registrado nos chamados arquivos *log* dos servidores ou sistemas de controle de acesso (Tabela 3.1). A comparação entre mapas de acesso de alunos em um hipertexto aberto, ou seja, que permite mais de um traçado pelo seu conjunto de páginas, é uma informação importante para sabermos se existe um caminho preferencial adotado por determinados grupos. A correlação entre esses padrões de navegação e atividades de resolução de problemas pode ser utilizada, por exemplo, para estudar estratégias preferenciais de resolução de problemas (Eichler e Del Pino, 2006).

Contudo, parecem-nos extremamente incipientes as formas de representação do percurso do usuário pelo hipertexto. Até o momento, nenhuma representação topológica convincente justificou as metáforas sobre a navegabilidade na internet. Todos os portais complexos dão muita importância aos mapas de tráfego, mas o mesmo não ocorre com o percurso traçado pelo usuário, a menos que essa informação traga algum retorno financeiro, o quê

desgraçadamente é lugar comum. Desenvolver formas de representação da navegabilidade é uma questão em aberto para a engenharia de *software*.

**Tabela 3.1:** Informações sobre acesso de usuário registradas em arquivos *log*.

Nome	Página	Data	Hora	IP
carbono003	Entrada	10-09-2004	07:46:21	200.196.242.124
carbono003	Principal	10-09-2004	07:46:36	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	10-09-2004	07:47:09	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	10-09-2004	07:48:59	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	10-09-2004	07:49:09	200.196.242.124
carbono003	Entrada	17-09-2004	07:24:18	200.196.242.124
carbono003	Principal	17-09-2004	07:24:36	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	17-09-2004	07:24:43	200.196.242.124
carbono003	mod11.php3	17-09-2004	07:27:10	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	17-09-2004	07:28:33	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	17-09-2004	07:29:41	200.196.242.124
carbono003	registra resposta	17-09-2004	07:33:54	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	17-09-2004	07:34:02	200.196.242.124
carbono003	mod1.php3	17-09-2004	07:34:19	200.196.242.124
carbono003	mod11.php3	17-09-2004	07:34:26	200.196.242.124
carbono003	mod12.php3	17-09-2004	07:36:16	200.196.242.124
carbono003	mod13.php3	17-09-2004	07:37:16	200.196.242.124
carbono003	mod13.php3	17-09-2004	07:38:44	200.196.242.124
carbono003	registra resposta	17-09-2004	07:44:09	200.196.242.124
carbono003	mod13.php3	17-09-2004	07:44:15	200.196.242.124
carbono003	mod13.php3	17-09-2004	07:44:22	200.196.242.124
carbono003	mod14.php3	17-09-2004	07:44:24	200.196.242.124

Suponha que em determinada aplicação o aluno tenha criado um arquivo que contenha a resposta a uma pergunta. Com um sistema simples de gerenciamento de bancos de dados relacionais é possível saber qual o caminho percorrido pelo aluno para alcançar a página com a pergunta, o tempo gasto para respondê-la, bem como acessar a própria resposta. Na medida em que esses dados sejam acessados a partir de uma única página, será necessário menor tempo para o pesquisador organizá-los, o que lhe permite dedicar-se mais atentamente às tarefas de análise. Portanto, a disposição dos dados na tela é um fator determinante da análise, pois quanto mais prontamente os dados estiverem à

disposição, maiores serão as possibilidades para compará-los. Neste sentido, a visualização de dados multivariados é também uma área de interesse que vem sendo desenvolvida para suprir as necessidades de pesquisadores que trabalham com extensa base de dados (Wills, 2002).

Outro meio bastante difundido de registro são os arquivos de fóruns de discussão onde se armazenam as mensagens trocadas entre usuários. Em nossas pesquisas sobre interações envolvendo alunos e tutores pela internet, o controle sobre o conteúdo e a freqüência das trocas de mensagens tem se apresentado como um fator importante para avaliar a dinâmica destas interações, conforme veremos no Capítulo 6. Novamente, a correlação entre algumas variáveis das interações pode determinar o trabalho de organização dos dados. Além do conteúdo e da freqüência de trocas, os perfis de usuários – aluno e tutor – são fontes potenciais de dados coletados por meio de instrumentos simples, como questionários apresentados no momento de cadastramento no sistema e no curso das interações. Um exemplo de questionário de cadastramento para um sistema de tutoria pela internet, o *Tutor em Rede*, é apresentado na Figura 3.1.

O *Tutor em Rede* foi desenvolvido com o suporte de uma ferramenta de criação e gerenciamento de banco de dados chamada *phpMyAdmin*<sup>23</sup>. A lógica de programação do banco de dados foi criada de tal forma que não apenas o serviço de orientação fosse oferecido segundo especificações que privilegiassem a interação tutor-aluno, mas também de modo a organizar as informações que se mostrassem potencialmente importantes para a avaliação do processo de tutoria pela internet. Neste sentido, o sistema apresenta uma página de relatórios que disponibiliza diversas informações sobre o histórico da troca de mensagens tutor-aluno. A concepção do *Tutor em Rede* está baseada no conceito de *código aberto*, portanto, seu código pode ser compartilhado e alterado por qualquer interessado com toda a comunidade. Para isso, seu projeto de desenvolvimento prevê a disponibilização do sistema para requisição e instalação.

---

<sup>23</sup> Acesso em <http://www.phpmyadmin.net>

**Figura 3.1:** Questionário de cadastramento de alunos no sistema de tutoria *Tutor em Rede*.

The screenshot shows a web interface for user registration. At the top, there is a navigation bar with links: [Início] [Alterar Dados] [Discussões] [Novo Usuário] [Disciplinas] [Equipe]. On the left, a sidebar contains a menu with 'Início' and 'Discussões'. The main content area is titled 'Cadastro de novo usuário (Todos os campos são requeridos)'. The form contains the following fields and controls:

- Nome: text input
- Sobrenome: text input
- Apelido: text input
- E-mail: text input
- Senha: text input
- Redigite a Senha: text input
- Escola do Pró-Universitário: dropdown menu with '-Selecione um colégio-'
- Data de nascimento: three dropdown menus for day, month, and year
- Escola onde estudou: text input
- Sexo: dropdown menu
- Você Trabalha?: dropdown menu with 'sim' selected
- Período em que trabalha: dropdown menu with 'Meio período' selected
- Série: dropdown menu
- Profissão pretendida: text input
- Horário: dropdown menu
- Já prestou vestibular?: dropdown menu with 'sim' selected
- Já fez ENEM?: dropdown menu with 'sim' selected
- Pergunta no caso de esquecimento de senha (com no mínimo 6 caracteres, ex: "Em que dia, mês e ano quebrei a perna?"): text input
- Resposta no caso de esquecimento de senha (com no mínimo 6 caracteres, ex: "09/08/1975"): text input
- Cadastrar: button

De modo geral, os dados coletados por meio de questionários e por meio das mensagens que circulam em fóruns dedicados aos sistemas de tutoria são armazenados em banco de dados organizados na forma de tabelas formadas por diversas entradas que se constituem nas possíveis variáveis de interesse do pesquisador. No caso do cadastramento de alunos do sistema *Tutor em Rede*, a emissão de relatórios a partir do banco de dados ocorre com base em variáveis como, por exemplo, *escola* ou *profissão pretendida*, as quais podem ser utilizadas para organizar informações sobre a interação aluno-tutor. Assim, a análise das interações por meio das mensagens trocadas entre aluno e tutor pode ser organizada em função de um conjunto previamente definido de variáveis, o que é bastante útil quando se trabalha com extensos volumes de dados, ou ainda com grupos sociais diversificados.

No que se refere especificamente à temporalidade, é sabido que a assincronicidade é uma característica determinante das interações por correio-eletrônico, que ao lado da escrita impõem traços distintos aos gêneros discursivos dessas interações (Baron, 1998; Crystal, 2001). Para o pesquisador analisar as interações que se desenvolvem ao longo de dias ou semanas seguidas, a disposição das mensagens em uma única tela facilita o acompanhamento das trocas entre aluno e tutor. Portanto, a disposição das mensagens no ambiente gráfico do computador é um elemento importante não apenas para a comunicação entre os usuários, mas também para a própria análise dos dados.

Na Tabela 3.2, temos um exemplo de algumas trocas entre aluna e tutora que ocorreram originalmente por meio de um fórum cujo banco de dados não permitia a emissão de relatórios a partir da seleção de variáveis. Além de ter sido necessária a identificação de cada mensagem a partir dos nomes e dos endereços-eletrônicos da aluna e da tutora, mesmo a disposição em ordem cronológica das mensagens foi executada pelo pesquisador.

Em um sistema de armazenamento de mensagens em banco de dados correlacionado, que permite a emissão de relatórios automatizados, além de não sobrecarregar o pesquisador com a tarefa de identificar cada mensagem da interação, o sistema disponibiliza automaticamente as mensagens em ordem cronológica e em uma única tela que pode ser atualizada por meio da barra de rolagem, conforme indicado na Figura 3.2.

No sistema *Tutor em Rede*, a disposição das mensagens na tela segue a ordem cronológica inversa. Esta é uma funcionalidade adaptada para situações de ensino, que permite aos usuários acessar prioritariamente as últimas trocas e, portanto, promover a continuidade da interação. Ainda do ponto de vista do ensino, uma vantagem advinda da organização de sistemas de tutoria em banco de dados correlacionados é o grau de controle sobre as interações. A partir das mensagens armazenadas é possível desenvolver um sistema de avaliação dos eventos de tutoria, permitindo inclusive que alunos e tutores se manifestem por meio de registro escrito.

Tabela 3.2: Mensagens organizadas em banco de dados não correlacionado.

- *To:*
- *Subject:* Trabalho
- *From:*
- *Date:* Fri, 19 Feb 1999 16:53:17 -0500

Ola

Tenho que fazer um trabalho sobre a quimica nos animais, achei algumas coisas na Barsa, e gostaria de ver se vcs nao possuem textos, informacoes, fotos, enfim, qualquer coisa a respeito para me enviar.

Moro em Ponta Grossa, interior do Parana, e curso o 2º EG.

Aguardarei reposta!

Obrigada,  
D.

- 
- *To:*
  - *Subject:* Re: Trabalho
  - *From:*
  - *Date:* Fri, 19 Feb 1999 18:23:37 -0300
  - *Cc:*

Ola D.,

Obrigada por ter procurado o Servico de Orientacao Via Telematica da Sociedade Brasileira de Quimica.

A química nos animais e um tema bastante amplo. Temos um ramo da quimica, a bioquimica, que se preocupa com os processos químicos nos seres vivos. Poderíamos falar nos elementos essenciais para a nossa alimentação e as consequencias de sua deficiencia ou excesso, ou ainda discutir as transformações químicas que ocorre na respiração dos animais, só como exemplo. Não sei a que voce se refere quando fala em quimica nos animais. Há um assunto bastante interessante que envolve o conhecimento químico e os animais, mais especificamente, os insetos. Trata-se dos feromônios, substâncias voláteis produzidas pelos insetos e que tem funções importantes na vida destes pequenos seres. Sugiro que consulte dois textos sobre este assunto na rede:

[http://www.iscotech.com/brazil/isca\\_jpmb.html](http://www.iscotech.com/brazil/isca_jpmb.html)

<http://apacame.org.br/mensagemdoce/44/artigo.htm>

Qualquer duvida, volte a nos contactar, ok?

Abraço,  
R.

- 
- *To:*
  - *Subject:* [Fwd: Trabalho]
  - *From:*
  - *Date:* Mon, 22 Feb 1999 08:02:02 -0300

Oi, R.

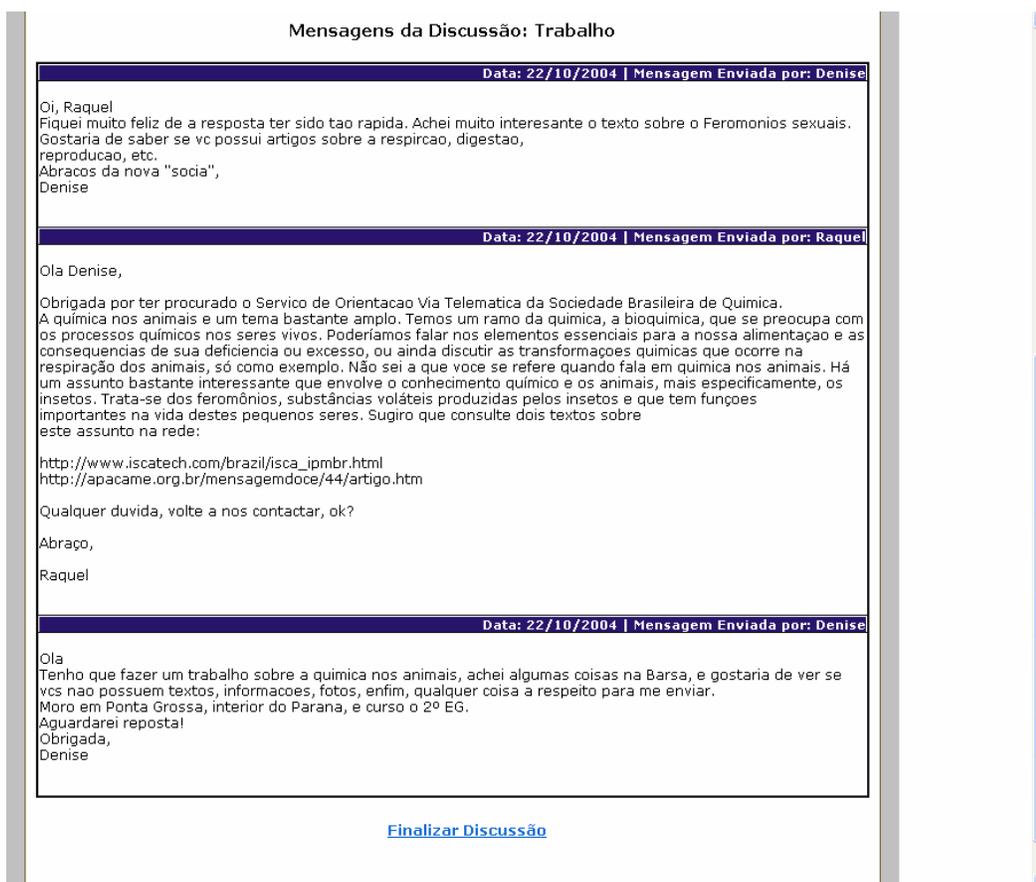
Fiquei muito feliz de a resposta ter sido tao rapida. Achei muito interessante o texto sobre o Feromonios sexuais.

Gostaria de saber se vc possui artigos sobre a respircao, digestao, reproducao, etc.

Abracos da nova "socia",

D.

Figura 3.2: Mensagens organizadas em banco de dados correlacionado.



A supervisão das interações no *Tutor em Rede* é realizada por monitores que podem acompanhar, também por meio de relatórios, o andamento das interações e verificar a ocorrência de perguntas pendentes, permitindo-lhes assim, estabelecer níveis de prioridade para perguntas que ainda não foram respondidas por nenhum dos tutores. Ao verificar estas pendências, o coordenador seleciona o tutor que deverá interagir com o aluno que enviou aquela mensagem. Este controle evita omitir as respostas para os usuários e permite otimizar a distribuição de interações entre os tutores do sistema. A interação entre o tutor e o monitor também se realiza pela interface de tutoria, de modo a estimular o diálogo assíncrono como estratégia de formação envolvendo professores experientes e professores em formação.

Outras funcionalidades podem ser adaptadas aos sistemas de tutoria *on line*, como, por exemplo, adicionar arquivos de texto ou imagem, agendas, bloco

de notas, ou ainda acoplar outros sistemas de comunicação síncrona em salas virtuais, os chamados *chats*. Na medida em que estas funcionalidades e aplicações são integradas, caminha-se na direção de desenvolver ambientes virtuais para o ensino a distância, que já vimos realizando em uma disciplina de graduação há cinco anos<sup>24</sup>. Do ponto de vista da pesquisa sobre o uso de tecnologias da comunicação e informação no ensino, é importante que esses ambientes sejam desenvolvidos a partir de bancos de dados correlacionados e tenham um grau de flexibilidade tal que o pesquisador recupere e disponibilize na tela os dados rapidamente, sem exigir, no entanto, conhecimento detalhado sobre a tecnologia de banco de dados. Em outras palavras, a preocupação com a usabilidade desses ambientes não pode ficar restrita ao usuário final, ainda que ele seja o principal foco de atenção dos desenvolvedores, mas deve também contemplar a disponibilidade de dados para avaliar a própria usabilidade e outros aspectos de interesse da pesquisa em educação.

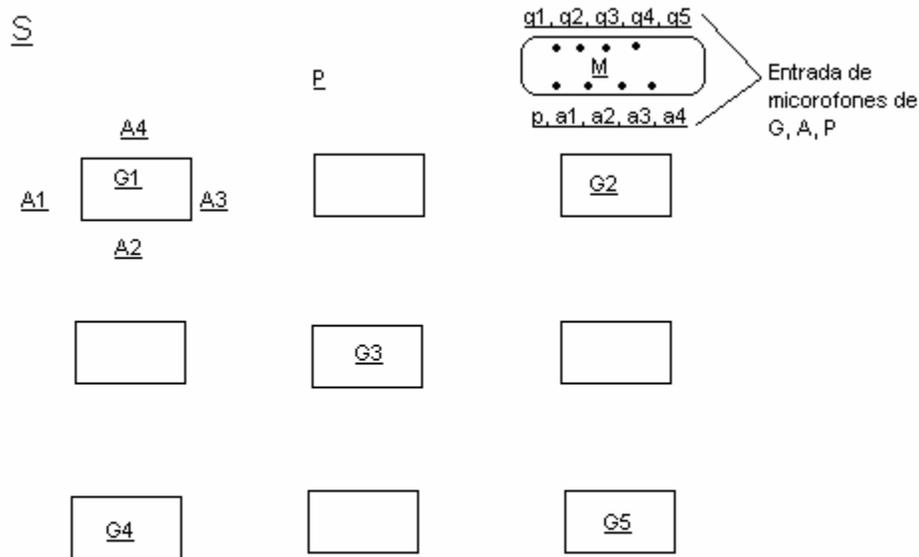
### **Registro audiovisual dos usuários.**

No que se refere à captação do áudio, são bem conhecidos os problemas de qualidade de sinal, como ruído, abafamento e sobreposição de vozes. Em salas de aula convencionais ou laboratórios, o posicionamento e a movimentação de alunos e professor dificultam a captação do áudio, inviabilizando muitas vezes a transcrição de longos trechos de conversação. Em situações de interação diante do computador, certamente é possível incorporar as técnicas de captação e registro de áudio como aquela esquematizada na Figura 3.3, que tem se mostrado bastante eficiente para registrar situações de trabalho em pequenos grupos ou de toda a sala de aula.

---

<sup>24</sup> Mais informações sobre a disciplina a distância se encontram em [www.lapeq.fe.usp.br](http://www.lapeq.fe.usp.br) e no CD-ROM encartado.

**Figura 3.3:** Planta baixa de uma sala de aula e seu projeto de som para trabalho em pequenos grupos.



Organizados em grupos ou individualmente, os alunos interagem entre si e com o computador e, portanto, pode-se registrar os diálogos nos grupos menores (G), entre os alunos (A) e na sala de aula (S). Se o professor (P) for um foco especial de interesse na pesquisa, instala-se nele um microfone sem fio individual.

O áudio do grupo G pode ser captado por um ou dois microfones localizados em A, dependendo da extensão do grupo, ou da potência dos equipamentos. Para registrar o áudio da sala de aula basta controlar a abertura dos canais de entrada de P, A e G. Microfones muito potentes podem não ser úteis, na medida em que captem o som de grupos vizinhos, e prejudiquem, portanto, a seletividade. Por outro lado, microfones de baixa potência exigem um elevado número de equipamentos por grupo, aumentando os custos e o trabalho na operação da mesa de som (M) que combina os sinais. Bons microfones facilitam a operação da mesa que pode controlar os níveis de grave e agudo, a intensidade de entrada e de saída e bloquear ou abrir um canal de captação. Microfones duplos de frequências diferentes reduzem os custos e também a altura

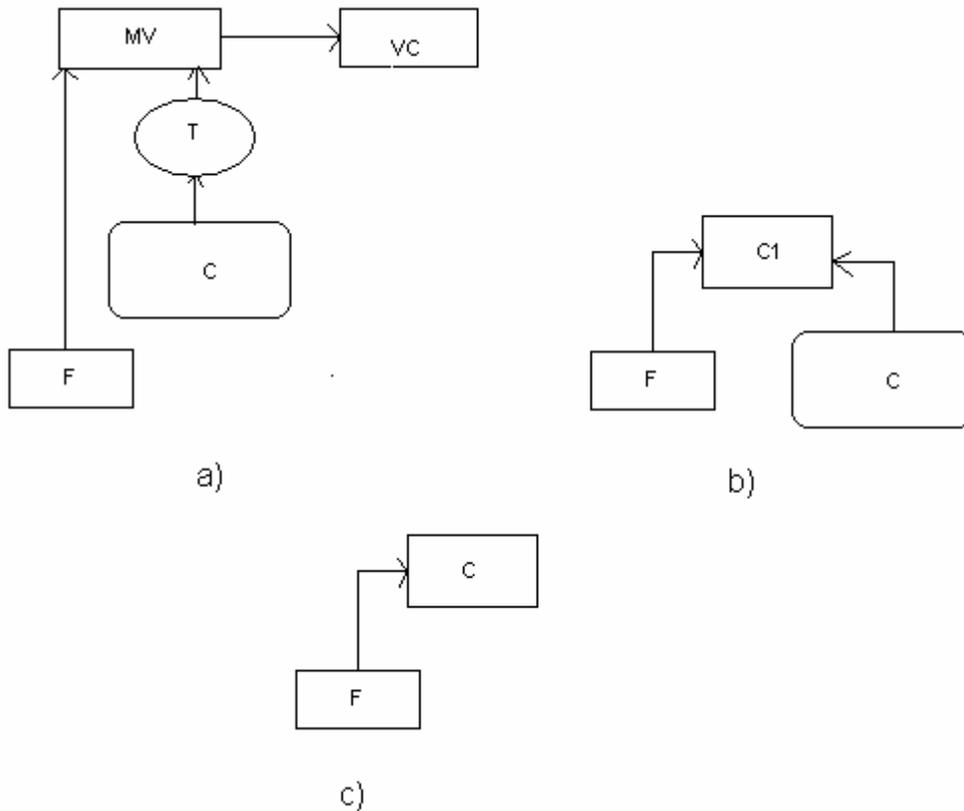
do console que armazena as bases receptoras, o que é uma boa opção para a camuflagem dos equipamentos.

Em atividades no laboratório de informática, os alunos são normalmente dispostos em duplas ou trios diante do computador, arranjo que facilita a captação do áudio, pois um único microfone sem fio localizado em um dos alunos permite captar o som do grupo e mesmo a voz do professor, quando ele interage com os alunos. De qualquer forma, o microfone sem fio ainda é a solução mais indicada quando se registra o vídeo por meio de filmadora convencional, pois assim é possível mantê-la distante do grupo, descongestionando o local de trabalho, sem perder a qualidade do sinal. Neste arranjo, porém, a mesa de som é dispensável e pode ser substituída pela própria base receptora do microfone.

Nas situações de sala de aula em que ocorrem interações com o computador, o registro das imagens também depende de pelo menos dois pontos de captação, o que recoloca o problema da combinação de sinais, nesse caso, sinais de vídeo. Uma das soluções, cada vez mais em desuso, é empregar uma mesa de vídeo para misturar os sinais da filmadora e da tela do computador. A visualização das cenas neste caso é feita em uma disposição justaposta, conforme indicado no esquema da Figura 3.4.

Observe que o sinal da tela do computador pode passar por um dispositivo de trans-codificação (T) do sinal SVGA para o sinal VHS ou S-VHS do videocassete (VC). É possível prescindir desse dispositivo na medida em que as placas de vídeo do computador disponham de uma saída com sinal VHS, o que já é comum em algumas linhas de placas dedicadas a aplicações gráficas mais sofisticadas. Em qualquer dos casos, a função da mesa misturadora de vídeo (MV) é combinar os sinais da filmadora (F) e do computador (C) e enviá-los justapostos para o videocassete, como indicado na Figura 3.4a. Uma vantagem desta aplicação é obter os sinais da filmadora e do computador sincronizados, o que permite analisar comparativamente as cenas sem os efeitos indesejáveis de atraso de uma cena em relação à outra.

**Figura 3.4:** Mapa de arranjo de equipamentos para captação de vídeo em sala de aula, usando vídeo cassete (a), computador (b) e apenas filmadora c) como meios de registro.



Uma alternativa ao arranjo de registro esquematizado na Figura 3.4 seria substituir o dispositivo de trans-codificação (T) por outra filmadora para registrar diretamente as imagens da tela do computador. Neste caso, há de se considerar que a freqüência de atualização da tela do computador é incompatível com a freqüência de captação das filmadoras convencionais. Esta diferença produz linhas horizontais que percorrem a tela de cima para baixo. Além disso, é difícil controlar a qualidade do enquadramento, do foco e mesmo da resolução da imagem da tela do computador na captação com a filmadora.

O obstáculo operacional mais grave deste arranjo é perder a possibilidade de recuperar os sinais de saída do computador e da filmadora, de modo a visualizar em tela inteira, e não apenas repartida em duas partes, cada uma das cenas. Esta forma de visualização pode ser importante para acompanhar certas

ações, principalmente na tela do computador, nas quais o campo de visão necessite de ampliação. É neste sentido que a substituição da mesa misturadora de vídeo (MV) por outro computador (C1), indicada na Figura 3.4b, apresenta-se como uma solução mais adequada.

Inicialmente, a solução pelo uso de outro computador para combinar e armazenar os sinais da filmadora e da tela do computador em uso traz a vantagem de evitar a digitalização das cenas, procedimento que pode ser custoso e determinante para a organização de bancos de dados correlacionados, conforme discutido na seção anterior. Trabalhar com sinais digitais é sempre desejável na medida em que os meios de veiculação de sinais analógicos estão evoluindo claramente na direção dos padrões digitais.

A recepção dos sinais pelo computador, que são armazenados em disco rígido, permite também que cada um deles seja analisado de forma independente ou combinada, o que aumenta o grau de liberdade para o tratamento dos dados. Aplicações simples podem acionar a captação simultânea dos sinais em cada uma das portas de entrada, resolvendo o problema de sincronização das cenas. Já é possível encontrar no mercado filmadoras digitais com saídas adaptáveis às portas USB, que têm se consolidado como espécie de padrão.

Os aplicativos disponíveis para o registro da tela do computador dispõem de diversas funcionalidades, que podem ser utilizadas posteriormente à captação. O aumento de uma dada região da tela, mediante ativação do *zoom* permite destacar essa região para observá-la em detalhe. O destaque do cursor do *mouse* envolvendo-o em círculo colorido também permite seguir com maior precisão as ações realizadas pelo usuário. Outros efeitos interessantes são o registro do som emitido pelas aplicações em uso e a adição de som às operações de digitar no teclado e pressionar os botões do *mouse*. É possível também intervir no registro da tela com recursos de destaque, como canetas coloridas ou adição de texto. Ainda sobre a edição de textos, os aplicativos também permitem anotações em blocos de nota separados.

Neste nível de digitalização dos sinais, uma outra solução compatível, indicada na Figura 3.4c, seria substituir o computador de captação e

armazenamento dos sinais (C1) pelo próprio computador em uso, o que seguramente depende mais do desempenho de computador do usuário (C). Alguns problemas, no entanto, devem ser contornados quando o computador do usuário passa a desempenhar a função de armazenamento dos dados. O processamento de sinais de áudio e vídeo é custoso do ponto de vista computacional, o que pode prejudicar a execução da aplicação com a qual os alunos trabalham. Além disso, o armazenamento dos sinais do computador do usuário depende da própria situação de pesquisa, pois a instalação de aplicativos e periféricos<sup>25</sup> demanda um tempo preliminar à situação sob investigação, que nem sempre o pesquisador tem à disposição. De todo modo, esta é uma solução que se apresenta em acordo com o princípio de minimização da intervenção na sala de aula, pelo menos no que se refere aos equipamentos de coleta de dados.

O mais recomendado é poder acessar o computador pela rede para trabalhar os dados enquanto são captados. Uma das formas de tratamento de dados através da rede é a simples difusão do sinal captado para outra sala onde se encontrem os pesquisadores ou indivíduos participantes de alguma sessão especial. Nos últimos anos, temos usado este princípio de convergência dos registros para o computador em situações de estágio supervisionado na formação de professores de Química.

O processo consiste em veicular em tempo real para um grupo de futuros professores os sinais de áudio e vídeo captados em uma sala de aula na qual o licenciando, em situação de estágio supervisionado, desenvolve atividades de ensino com alunos do Ensino Médio. Este expediente evita a presença incômoda do professor na sala de aula do estagiário e ao mesmo tempo permite levar a situação de estágio para discussão com outros professores em formação. Simultaneamente à difusão em tempo real, o computador que capta os sinais também armazena, de modo que ao final das sessões, os estagiários recebem cópias de suas aulas em meio digital. A análise das aulas, conjuntamente entre estagiários e professor, viabiliza a seleção de episódios de ensino que geram um

---

<sup>25</sup> Além da filmadora, pode-se instalar um disco rígido externo no computador do usuário para o armazenamento dos sinais. Esta é uma solução versátil que evita a cópia dos arquivos entre computadores após o término da sessão.

conjunto de episódios categorizados de acordo com padrões de interação discursiva, temas, conceitos etc. para ser utilizado em outras situações de formação de professores.

### **Digitalização, transcrição e armazenamento das cenas para organizar banco de dados correlacionados.**

Mesmo que as soluções integralmente digitais já estejam se viabilizando do ponto de vista operacional e dos custos, convém considerar que muitos dados foram registrados em meio magnético e que a digitalização pode ser uma solução desejável, ainda mais quando é possível aproveitar as vantagens dos bancos de dados correlacionados. A rápida evolução das tecnologias digitais é um fato inegável, o que muitas vezes torna obsoleto não apenas os equipamentos, mas os próprios comentários sobre adaptações dessas tecnologias para a coleta de dados em estudos educacionais. Assim, vamos nos restringir à discussão sobre técnicas que auxiliam o trabalho de organização e tratamento dos dados coletados, em lugar de apresentar os aplicativos e equipamentos utilizados na digitalização de imagens e na construção de banco de dados.

Já existem disponíveis no mercado diversas placas de captação de vídeo, que convertem sinais SVHS e VHS em sinal digital. Muitos dos modelos de computadores comercializados já vêm com placas de captação, que além das entradas de vídeo também dispõem de entradas para antenas de TV. Estas placas vêm acompanhadas de aplicativos simples ou mais sofisticados que armazenam os sinais convertidos em arquivos do computador e principalmente realizam uma função determinante no processo de digitalização, a compactação.

A compactação é um capítulo à parte no processo de digitalização, pois tanto a qualidade das imagens, quanto o tamanho dos arquivos são definidos nessa etapa do processo. Em se tratando de dados de pesquisa, a qualidade final das imagens não é um fator tão determinante se comparado à veiculação pública, no entanto, é necessário garantir a visualização adequada das cenas, evitando

embaçamento das imagens, atraso das cenas, dessincronização de áudio e vídeo, entre outros efeitos indesejáveis em um processo de digitalização.

O espaço ocupado pelas cenas digitalizadas no disco rígido é diretamente proporcional ao espaço ocupado pelas cenas na tela do computador. De modo geral, tem-se adotado o tamanho de 360x240 no processo de captação<sup>26</sup>. É possível expandir o tamanho da tela no momento da exibição, porém com o ônus de diminuir a resolução das imagens. Outro fator a ser controlado na captação é o número de quadros por segundo. Os formatos NTSC e PAL-M trabalham com aproximadamente 30 quadros por segundo, que é uma frequência alta de atualização. Diminuir esse valor é uma forma de reduzir o tamanho dos arquivos. Frequências entre 10 e 15 telas por segundo são aceitáveis, pois nesta faixa de atualização os efeitos da perda de quadros não são perceptíveis pelo olho humano, e o mais importante, com esta frequência de atualização de quadros não se compromete a observação das cenas. A qualidade do sinal depende mais e mais do processamento do computador de aquisição. Captações por meio de um computador portátil com 1GB de memória, 256 KB de memória cache de vídeo e processador centrino® (pentium) de 1.6 GHz chegaram ao limite da qualidade sem exigir volume elevado de armazenamento, nem demanda excessiva de largura de banda.

Após a captação e armazenamento das cenas, tem-se à disposição uma grande variedade de aplicativos para edição. Muitas das funcionalidades destes aplicativos foram desenvolvidas com a finalidade de se obter produtos audiovisuais para veiculação em circuito comercial. Portanto, a maior parte das funções de edição tem um grau de sofisticação muito além do exigido para as situações de pesquisa. A funcionalidade básica de aplicação imediata na análise de episódios de sala de aula é a demarcação dos episódios, que uma vez demarcados podem ser selecionados rapidamente por meio de menus, o que confere maior flexibilidade e dinâmica ao processo de análise. Temos nesse caso uma propriedade fundamental obtida das imagens digitalizadas que é a quebra da linearidade do produto audiovisual, cujas repercussões para as situações de

---

<sup>26</sup> Para se ter idéia desse valor, basta lembrar que a maior parte das telas está configurada para resolução de 800x600.

ensino e pesquisa ainda estão por ser exploradas. Versões mais recentes de aplicativos do tipo estúdio de trabalho para análise de cenas da sala de aula dispõem de rotinas estatísticas dos intervalos de interação estabelecidos pelo pesquisador. É possível também comparar os critérios de classificação de situações de ensino, utilizados por diferentes pesquisadores.

Um aspecto que nos detém no estudo do audiovisual na sala de aula, é a construção de gêneros narrativos de vídeos, mesmo os educativos, que permitam ao professor selecionar trechos e adaptá-los para diferentes situações de ensino, em lugar de veicular o programa completo. O vídeo como unidade narrativa para construir aplicativos de simulação é uma alternativa bastante criativa para desenvolver ambientes virtuais de trabalho. Conforme temos discutido (Arroio e Giordan, 2006), uma das funções importantes do vídeo na sala de aula é apresentar as vozes enunciadas em produções audiovisuais para analisá-las do ponto de vista dos sentidos e significados que podemos identificar nelas e nos seus cruzamentos. Assim, o acesso aos trechos previamente marcados em meios digitais além de ser mais rápido, permite ao professor utilizar recursos como a veiculação justaposta de cenas, de modo a caracterizar o cruzamento dos horizontes conceituais veiculados em cada uma das cenas. Um exemplo simples é a justaposição de uma cena de um fenômeno filmada diretamente na bancada ou no meio natural e de uma outra cena construída a partir de uma animação sobre o mesmo fenômeno. Nessas circunstâncias, as diferenças e aproximações entre as cenas justapostas são passíveis de análise, desde uma perspectiva comparativa até a elaboração de inferências sobre o fenômeno, dependendo de como se organiza a atividade de ensino.

Do ponto de vista da pesquisa, esta justaposição de registros tem uma primeira aplicação quando se concilia na tela o episódio e sua transcrição. Temos aqui a possibilidade de examinar conjuntamente os dados primários do registro audiovisual e os dados já tratados em um nível de tradução para o registro escrito. Não se trata apenas de reproduzir o efeito da legendação nos episódios sob análise. Como já mencionamos, a intervenção do pesquisador nas cenas captadas se potencializa na medida em que as marcações da cena e da transcrição estejam

vinculadas e destacadas por outros recursos de edição. Mais ainda, se essas informações puderem alimentar em tempo real uma legenda de categorias e variáveis da interação. Esses destaques não se constituem em si na principal vantagem do processo de digitalização para fins de pesquisa. Novamente, a organização das informações nos bancos de dados e sua correlação têm um desdobramento inegavelmente inovador, capaz de permitir o trânsito do pesquisador entre as fontes primária e secundária de dados mediante o acesso seletivo, o que já se constitui em uma fase da análise.

Por fim, destacamos o processo de prolongamento da duração dos registros que anteriormente estava restrito ao papel, o qual, com o advento das técnicas audiovisuais de registro, somou-se às fitas magnéticas. Substituir os cadernos espiralados contendo as transcrições e as dezenas de fitas de vídeo por mídias digitais como DVDs reduz o espaço ocupado pelas fontes de dados nas prateleiras dos laboratórios, mas não elimina o problema de compatibilização dos registros com os equipamentos de acesso. A escrita tem se consolidado como meio mais estável de registro ao longo dos séculos, sem que isso signifique sua estagnação do ponto de vista técnico (Eisenstein, 1998). Esta propriedade da escrita é função de sua forma de acesso que depende basicamente do pesquisador interessado no registro, que deve se familiarizar com os elementos tipográficos. O registro audiovisual, uma conquista da humanidade característica do século XX, nos apresenta novos desafios em termos de sua perpetuação. Já é certa a obsolescência dos leitores de fitas VHS, como em breve ocorrerá com os leitores de CD e DVD. No cenário da convergência de registros para o meio digital, será preciso ter atenção redobrada com a evolução dos sistemas digitais, atualizando regularmente as bases de dados, de modo a evitar a perda do material de trabalho, simplesmente por não se conseguir acessar os dados.

## **O estudo mediado por objetos moleculares como exemplo da integração do sistema de registro e da atividade de ensino no computador.**

Temos aplicado a idéia de convergência das atividades de ensino e das técnicas de registro para o computador em duas linhas de pesquisa. Nesta seção, destacaremos as investigações sobre interação com o computador, que serão complementadas no Capítulo 4. Adiante, nos ocuparemos das investigações sobre interação pelo computador, ou seja, em situações de ensino não presencial. Vimos desenvolvendo um estudo da influência de formas iconográficas de representação do objeto molecular sobre a construção de conceitos químicos, para o qual elaboramos um sistema hipertextual chamado Tutorial de Química Orgânica (TQO). O objetivo deste sistema é introduzir fundamentos da Química Orgânica a alunos de Ensino Médio, de modo que possamos realizar estudos das ações mediadas por diversas formas de representação do objeto molecular. Vamos a uma breve descrição do TQO, que pode ser vista detalhadamente em Anjos (2004).

Inicialmente, a Química Orgânica é introduzida como área de conhecimento, promovendo-se uma discussão sobre a validade de proposições e hipóteses relacionadas à teoria da força vital – o fato, por exemplo, de substâncias orgânicas serem sintetizadas apenas por seres vivos – de modo a confrontá-las com a obtenção da uréia por meio de síntese a partir de uma substância inorgânica. Nesta primeira seção, a narrativa do hipertexto leva os alunos a considerar como os princípios da teoria da força vital são desafiados por um experimento simples de laboratório e mesmo assim, estes princípios permanecem válidos por mais ou menos 50 anos. Trata-se, portanto, de uma abordagem do ensino pela teoria do conhecimento e suas raízes sociológicas, que instiga os alunos a considerar a influência de outros fatores, além de princípios lógicos, sobre a produção e validação de conhecimento. No final da seção, um novo cenário experimental, envolvendo a produção controlada de microorganismos, relaciona o desenvolvimento de outras áreas de conhecimento à Química Orgânica. Dessa discussão, introduzimos questões de desenvolvimento tecnológico relacionados à produção de vinho, que levou Pasteur a formular um

problema dos mais importantes para o desenvolvimento da teoria molecular. A idéia de que o arranjo espacial das partículas está relacionado a propriedades de desvio da luz polarizada e empacotamento de cristais é introduzida a partir de um problema que relaciona proposições científicas com desenvolvimento tecnológico. Neste caso, a narrativa do tutorial introduz o aluno no plano das aplicações sociais e simultaneamente o convoca a resolver o problema do arranjo espacial das partículas que constituem as substâncias. Este é o ponto de entrada para levar a estereoquímica ao centro articulador dos diversos conceitos a respeito das propriedades, classificações, nomenclaturas e transformações dos compostos orgânicos, superando as abordagens memorísticas por um tratamento pautado na construção de regras que vinculem estes sistemas conceituais às representações macroscópica, submicroscópica e simbólica.

Nas seções seguintes, de posse da hipótese molecular, o conceito de carbono tetravalente é construído a partir da combinação das noções de distribuição espacial de ligantes e de identidade do objeto molecular. Na resolução do problema dos enantiômeros do ácido tartárico, formulado por Pasteur, optamos pelo caminho de confrontar o estudante com a imagem especular do objeto molecular de modo a fazê-lo decidir por uma forma de arranjo que produza objetos distintos. Nesta passagem, desenvolve-se uma reflexão sobre a natureza da imagem especular, sua relação de identidade com o objeto que a produz, tanto em termos das propriedades moleculares, como composição e arranjo, quanto em termos de propriedades macroscópicas. É característico do fenômeno enantiomérico o fato de não se estabelecer relação de identidade entre moléculas formadas por quatro ligantes distintos arranjados em uma disposição tetraédrica. Assim, tanto composição, quanto arranjo espacial, são fatores determinantes para interpretar a dessemelhança ou semelhança das moléculas e, portanto, das substâncias. A contribuição desta seqüência de ensino para o desenvolvimento do pensamento químico do aluno está em ampliar seu conceito de molécula, estabelecendo uma nova generalização a partir de conceitos de composição, geometria e movimento.

Nesta seção, como nas demais, desenvolvemos a narrativa no sentido de apresentar informações, suscitar discussões, resolver problemas a partir de distintas formas de representação do objeto molecular. Por vezes, ele é representado por meio de modelos de plástico do tipo esfera-bastão, por meio de fórmulas moleculares alfanuméricas, pela combinação de letras, números e traços, ou ainda por diversas formas veiculadas na tela do computador. A Figura 3.5 apresenta algumas das possíveis formas de disposição do objeto molecular na tela do computador. Um dos objetivos que nos propomos ao veicular diferentes formas de representação do objeto molecular é conferir um caráter de multiplicidade, de transitoriedade para o conceito de molécula, ou seja, dotar o aluno de um conjunto de formas de referência que o torne capaz de produzir generalizações adaptadas a cada situação, de modo a se apropriar delas como dispositivos de pensamento para suas enunciações.

Figura 3.5: Tela do Tutorial de Química Orgânica com diferentes formas de representação do objeto molecular.

The screenshot shows a software interface for a chemistry tutorial. At the top, it says 'LAPEQ' and 'Página: A B C D E F G H'. On the right, it says 'Página D - Módulo 2'. The main text asks the user to compare molecules from different problems. Below this, there are two rows of molecular representations. 'Conjunto A' shows a wireframe model and a space-filling model. 'Conjunto B' shows a ball-and-stick model and a skeletal structure. At the bottom, there are navigation buttons: 'Sair', 'Índice', 'Resposta', 'Voltar', and 'Próximo'. A copyright notice 'L@PEQ Todos os Direitos são Reservados' is also visible.

LAPEQ    Página: A B C D E F G H    Página D - Módulo 2

Compare abaixo as moléculas dos Problemas 1 e 2, que são idênticas, com as moléculas dos Problemas 4 e 5, que são diferentes.

Conjunto A

Conjunto B

6) Depois de discutir com seu colega, generalize a regra que vocês propuseram no Problema 3, levando em consideração: a) os átomos ligados ao carbono serem diferentes entre si; b) o fato de imagens espaciais idênticas corresponderem a moléculas diferentes.

L@PEQ  
Todos os Direitos  
são Reservados

Sair    Índice    Resposta    Voltar    Próximo

Em termos analíticos, as formas de referência ao objeto molecular podem ser agrupadas naquelas que são expressas ou externalizadas e naquelas que ocorrem no plano interno. Neste caso, a referência ao objeto molecular se dá por meio do discurso interno, da imaginação e da visualização. A distinção entre imaginação e visualização nos parece importante para demarcar a ausência, no primeiro caso, e a presença, no segundo caso, de qualquer forma de representação do objeto no campo visual do sujeito.

Externamente, as formas de representação do objeto molecular também se organizam em três categorias, que podem, no curso da ação mediada, ser perfeitamente combinadas. A fala e a escrita são as formas mais usuais de representar o objeto molecular pelo sujeito, que ele encontra para designar o que é o objeto, quais são suas propriedades, como ele participa da elaboração de respostas em uma situação. Entendido como um construto para interpretar o mundo das partículas, o objeto molecular é antes de tudo, uma generalização, um conceito que se materializa na palavra e em suas propriedades semióticas. Nesta direção, entendemos que as formas de referência verbal ao objeto molecular no discurso oral ou escrito devem ser analisadas sob uma perspectiva enunciativa que nos permita interpretar como se constroem as generalizações, como o objeto molecular participa da teia de relações com outros conceitos, ou seja, que nos permita circunscrevê-lo ao sistema conceitual evocado na situação de sala de aula. Desta maneira, não podemos ignorar a vertente discursiva para interpretar a natureza da representação do objeto molecular, conforme já argumentamos no Capítulo 2 e conforme nos aprofundaremos no próximo capítulo.

No extrato abaixo, apresentamos um exemplo de como uma dupla de alunos se refere discursivamente ao objeto molecular durante uma seção do TQO. Nesta situação, os alunos são introduzidos às propriedades do petróleo em uma seqüência de ensino que lhes apresenta informações e perguntas, através de um hipertexto que é formado por textos escritos, esquemas, animações e simulações. Antes de responder as perguntas, os alunos discutem entre si a solução dos problemas apresentados. No início desta seqüência, após os alunos terem listado uma série de aplicações do petróleo, eles são interrogados sobre a razão de

encontrarmos diferentes formas de agregação (gás, líquido e sólido) de combustíveis derivados de petróleo como GLP, gasolina e parafina, sendo que os três combustíveis apresentam a mesma propriedade de reagir com oxigênio e produzir energia. A resposta oral traz referência direta à molécula:

*‘A maneira como as moléculas estão agrupadas em cada substância é diferente, o que garante a cada uma delas propriedades diferentes, como elas estão agrupadas, umas vão ser sólidas, outras líquidas, outras gasosas’* (S., aluno de 3º ano do Ensino Médio).

Para caracterizar esta situação, é necessário entre outros aspectos, registrar o áudio da conversação deflagrada pelos alunos ao longo da seqüência de ensino, delimitando particularmente os elementos que condicionam a execução da tarefa. Um sistema simples de microfones sem fio, um para cada dupla, é suficiente para captar o sinal de áudio e enviá-lo para a filmadora ou diretamente para a entrada de áudio do computador.

A segunda categoria de representação externa dos objetos moleculares tem despertado um intenso debate sobre o papel dos modelos icônicos como ferramentas de representação, que, segundo alguns autores, tem sido subestimado desde o advento da mecânica quântica, em razão do forte apelo reducionista impetrado pelas questões e interpretações formuladas por diversas abordagens, dentre elas a aproximação orbital. Por outro lado, os traços imagético e tangível de determinadas formas de representação, principalmente os modelos esfera-bastão, são associados a uma interpretação realista dos fenômenos moleculares. Nesta categoria, o sujeito esquematiza e constrói fisicamente a representação do objeto molecular por meio de diversos materiais, dando vazão a expressões iconográficas. Os materiais e meios de representação iconográfica têm variado largamente e hoje já se pode verificar a presença do objeto molecular inclusive em moedas<sup>27</sup>. Nestas situações de ensino, a variabilidade das representações iconográficas se constitui em um problema de investigação extremamente relevante que pode nos informar sobre o caráter realista conferido a

---

<sup>27</sup> Por ocasião da comemoração dos 50 anos do trabalho seminal de Watson e Crick sobre a alfa-hélice, foi cunhada em uma das faces da moeda de £ 2 uma representação da estrutura do DNA.

estas representações, ou ainda sobre outros aspectos ontológicos dos objetos moleculares (Del Re, 1998).

Na Figura 3.6, apresentamos duas formas de representação iconográfica do objeto molecular extraídas de duas situações de ensino distintas. O que nos interessa destacar nestas representações não é o tipo de material empregado na construção dos objetos, mas o fato de cada situação de ensino exigir não apenas uma organização distinta em função dos materiais empregados, mas, sobretudo, técnicas de registro específicas para cada uma delas.

Na Figura 3.6a, o registro da situação de ensino exige apenas uma filmadora para captar o manuseio das esferas e bastões de plástico, e eventualmente os estudantes. Já para a situação ilustrada na Figura 3.6b, que se realiza diante do computador, exige-se o registro de dois planos da cena, uma vez os estudantes desenvolvem atividades em um ambiente que combina ações dentro e fora da interface computacional.

Figura 3.6a: Construção manual de objetos moleculares com material plástico.



Figura 3.6b: Construção computacional de objetos moleculares com o auxílio do mouse.



Na terceira categoria, a representação externa do objeto molecular pode se dar pela indicação gestual, pela indicação do *mouse*, pela movimentação, enfim pela referência direta às formas iconográficas de representação presentes na situação de ensino. A forma de se referir ao objeto depende também do meio pelo qual ele está sendo veiculado. É importante observar que a distinção entre as formas de representação da construção e da indicação diz respeito à própria

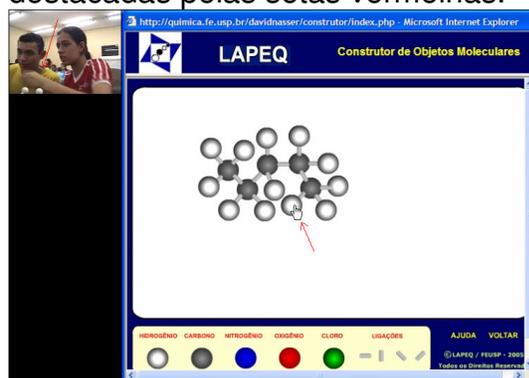
organização da atividade de ensino em andamento, aos propósitos, aos tipos de problemas envolvidos. Tratar essas formas de representação indistintamente introduz erros grosseiros na análise das situações de sala de aula, bem como nas técnicas de registro.

Assim como durante a esquematização e construção das formas iconográficas o discurso verbal costuma acompanhar estas ações de produção do objeto, nas formas de referência direta, os gestos, as indicações e a movimentação do objeto são usualmente acompanhadas do discurso verbal. Ao contrário do que um observador pouco atento normalmente prega, esta contigüidade das formas de representação não se traduz necessariamente na coincidência das designações. Por vezes, formas de representação contíguas se complementam para produzir recursividade, abreviação ou redução umas sobre as outras. Nem sempre a indicação pelo gesto está em acordo com a referência pela palavra empregada, ou com aquilo que se visualiza, ou mesmo se representa no discurso interno. Neste sentido, a multiplicidade das formas de representação do objeto molecular confere a essas situações de ensino um interesse particular para interpretarmos o papel desempenhado por cada uma das formas de representação e pelo seu conjunto na construção de significados.

Figura 3.7a: Indicação do objeto molecular no plano externo.



Figura 3.7b: Indicações do objeto molecular na tela do computador destacadas pelas setas vermelhas.



Os episódios de ensino ilustrados na Figura 3.7 foram registrados pelas mesmas técnicas utilizadas no registro dos episódios ilustrados na Figuras 3.6. Na situação da Figura 3.7a, o gesto de indicação é empregado para distinguir

elementos constituintes de dois objetos moleculares. Já na Figura 3.7b, a indicação com o dedo serve para destacar um elemento do objeto molecular, que é acompanhada da indicação com o cursor do mouse. Em ambas as situações, registrou-se também a fala dos participantes.

Igualmente interessante é a possibilidade de construirmos esquemas de análise para descrever e interpretar as formas internas de representação do objeto molecular, pois não sendo estas passíveis de registro direto, é possível que elas se revelem nas combinações sutis entre as formas externas de representação. A discussão sobre a supremacia ou complementaridade das representações discursivas e iconográficas não é de todo inócua, na medida em que esta discussão nos subsidie na caracterização das situações de ensino e na interpretação dos diferentes processos de produção de sentido a elas associados. No caso das situações de ensino sobre representação estrutural, o computador desempenha mais uma função que é veicular os objetos moleculares. Neste sentido, a própria situação de ensino passa a ser estruturada pela mediação do computador e das formas de representação que lhes são típicas. A integração das formas de registro oral, escrito e imagético em uma mesma interface pode contribuir para a interpretação desses processos, principalmente se as atividades de ensino também convergirem para esta interface, pois desta forma a própria organização da atividade permitiria combinar formas de representação interna e externa ainda não experimentadas.

### **Em direção ao uso do computador para investigar ações mediadas.**

No registro das formas discursivas, é necessário considerar que as palavras são acompanhadas de gestos e indicações que igualmente constituem o sentido manifesto no enunciado. Para registrá-los, é necessário um sistema adequado de captação de vídeo. Nestes casos, é preciso também considerar as variações de entonação das palavras, bem com sua natureza dialógica que promove continuidade, respondendo a enunciados anteriores e se dirigindo para enunciados vindouros. É como elo de uma cadeia que o enunciado deve ser

considerado elemento constituinte da situação de ensino. Entonação, direcionamento, responsividade e encadeamento são todos traços inerentes às formas verbais de representação e portanto à realização do significado atribuído ao objeto molecular. Para registrá-los, é necessário um sistema adequado de captação de áudio. Especificamente, nas atividades estruturadas por aplicativos computacionais, como aquelas disponíveis no Tutorial de Química Orgânica, as representações escritas e iconográficas do objeto molecular se realizam parcialmente na tela do computador. Para registrá-las, é necessário um sistema adequado de captação da tela do computador. Considerar, desde uma perspectiva situada, a elaboração do conceito como sendo a realização mediada do significado, não apenas pela fala, mas pela combinação de formas de representação, implica em registrar e analisar episódios de situações de ensino nas quais se manifestam múltiplas formas de representação externas e internas, discursivas, gestuais e iconográficas. Neste sentido, o registro das situações de ensino, que envolvem diferentes formas de representação do objeto molecular, nos coloca o desafio de combinar técnicas de captação e armazenamento de áudio, vídeo e material impresso.

As técnicas de registro da sala de aula têm evoluído em consonância com o desenvolvimento de equipamentos de áudio e vídeo, como gravadores K7, microfones, filmadoras, mesas misturadoras de sinais. O primeiro aspecto a se destacar neste cenário é o fato de o computador ter se transformado em uma estação de trabalho que integra as diferentes interfaces do registro audiovisual. Esta funcionalidade tem se revelado bastante útil para superar limitações impostas por técnicas de registro analógicas. No caso das situações de estudo sobre representação estrutural, o computador desempenha mais uma função que é veicular os objetos moleculares. Neste sentido, a própria situação de estudo passa a ser estruturada pela mediação do computador e das formas de representação que lhes são típicas.

Estamos certos de que formas de representação associadas à modelagem computacional podem ser estendidas para outras áreas de conhecimento, como mecânica e dinâmica de corpos rígidos e de fluidos, eletrodinâmica, termologia,

etc. Portanto, as vantagens da convergência da mediação e do registro das situações de ensino diante no computador, verificadas nas investigações sobre representação estrutural, podem e devem ser adaptadas para o estudo desses e de outros sistemas conceituais.

Neste capítulo, procuramos mostrar que o computador viabiliza muito mais do que coletar e armazenar dados. O desafio agora é caminhar na direção de organizar atividades estruturadas de ensino que nos permitam desenvolver esquemas analíticos para nos informar sobre as relações entre as representações internas e externas dos conceitos. Nos capítulos seguintes, vamos nos ocupar com discussões relacionadas ao uso do computador em diferentes estágios da organização do ensino. Inicialmente, vamos nos deter sobre aspectos epistemológicos da Química e sua articulação com a organização do ensino, o desenvolvimento de ambientes virtuais e a elaboração de significados em situações de uso do computador. Em seguida, mostraremos como ocorreram os processos de domínio e apropriação da internet por professores e por uma escola. Este estudo nos permite compreender diversos fatores institucionais relacionados ao uso do computador na sala de aula e as transformações provocadas pela internet na organização do ensino. Sem termos uma compreensão razoável destes fatores, qualquer proposta de investigação que se apóie em situações reais de sala de aula estará metodologicamente condenada a desconsiderar os determinantes sócio-institucionais na elaboração de significados.

# CAPÍTULO 4

## SIMULAÇÃO E VISUALIZAÇÃO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS



Neste capítulo, tratamos de uma de nossas linhas de pesquisa que articula questões sobre a teoria do conhecimento químico, como experimentação, simbologia, natureza particulada da matéria com questões sobre a organização do ensino desde a perspectiva sociocultural e das contribuições da teoria da ação mediada. Inicialmente, discutimos uma particularidade da Química que diz respeito às dimensões espaço-temporais das realidades investigadas. Em seguida, discorremos sobre noções de experimentação que vêm sendo fundadas para lidar com a relação teoria-empíria. Nesta discussão, reeleboramos a noção de simulação já com o intuito de abordar as fronteiras que se formam entre as dimensões do conhecimento químico. Finalmente, apresentamos os resultados de um projeto de desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino, cujas funcionalidades atendem aos requisitos de ambiente de simulação, dentro da perspectiva da teoria da ação mediada, e também atendem às concepções de experimentação que propomos para fundamentar a elaboração de significados.

Esta linha de pesquisa não atingiu até o momento o seio da sala de aula, na forma de projetos de investigação longitudinais, conforme discutiremos nos Capítulos 5 e 6. No entanto, os resultados aqui apresentados servem para debater a sustentação de nossas hipóteses de investigações e para preparar os cenários das investigações empíricas que temos realizado.

### **Sobre as dimensões do conhecimento químico.**

Há um certo consenso em torno da idéia de o conhecimento químico ser construído pela articulação de três dimensões da realidade: macroscópica, submicroscópica e representacional (Jonstone, 1993; Gabel e Bunce, 1994; Garnet, Ganert e Hacking, 1995; Dori e col., 1996; Gabel, 1998; Bowen, 1998; Ardac e Akaygun, 2004; Moritmer, Machado e Romanelli, 2000). Parte dos fenômenos e processos químicos é perceptível e observável por meio de informações sensoriais e medições que se concretizam em uma dimensão macroscópica. A acidez de um refresco é facilmente constatada pelo paladar e os efeitos da diluição sobre o grau de acidez são, portanto, perceptíveis pela

degustação comparada de amostras. Da mesma forma, a variação da concentração de íons hidrogênio presentes nas diferentes diluições do refresco pode ser observada na alteração da coloração de soluções ou de tiras de papel contendo substâncias chamadas indicadores. De forma mais precisa e mais exata as variações de acidez destas soluções, ou de soluções contendo substâncias tóxicas, podem ser medidas por instrumentos que captam sinais inacessíveis ao olho humano, instrumentos esses que utilizam variações de voltagem para medir concentração. Em qualquer dos casos, no entanto, lançamos mão de relações molares entre os constituintes do sistema para formular leis, interpretar e prever suas propriedades e seu comportamento geral.

Dentro do paradigma atômico-molecular vigente, no qual a natureza particulada da matéria é a fundamentação teórica para interpretar e prever as propriedades e o comportamento dos sistemas, admite-se uma outra dimensão da realidade onde ocorrem fenômenos envolvendo o movimento e a interação de partículas. À parte da suposta correlação entre as variáveis, propriedades e comportamento do sistema macroscópico, e as variáveis, propriedades e comportamento do sistema das partículas, hipótese forte da teoria molecular, no mundo das partículas as formas de acesso aos fenômenos são todas mediadas por instrumentos especialmente desenvolvidos para operar com as variáveis e com os parâmetros desta realidade material. Ainda que se suponha a correlação entre ambas as fenomenologias, os construtos teóricos, as ferramentas culturais usadas para elaborar significados são distintas e nem sempre mantêm relações diretas entre si. Por exemplo, a variação de concentração das substâncias que interpreta a mudança de cor do indicador no fenômeno macroscópico não tem um similar congênere na interpretação da transição entre estados eletrônicos das partículas. É necessária uma mediação distinta para relacionar os fenômenos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições.

Em uma dimensão representacional, substâncias, partículas e transformações, suas propriedades e comportamentos são indexados por meio de símbolos, fórmulas e equações químicas, bem como expressões algébricas,

gráficos, números, além de palavras, gestos e imagens. Assim, os enunciados que produzimos para atribuir sentido e significado às realidades macroscópicas e submicroscópicas são constituídos por elementos semióticos específicos, de natureza semiótica distinta da palavra, do gesto e da imagem. Nesta dimensão representacional, as formas de referência aos objetos, às ferramentas, aos sistemas combinam elementos peculiares que tornam os processos de significação muito complexos. Para termos uma idéia desta complexidade, basta citar as formas de referência que devemos lançar mão para interpretar a relação entre os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, como a relação entre a variação de coloração das soluções de refresco na presença de indicadores e as transições eletrônicas no nível molecular. Se trata-se de uma construção teórica distinta, podemos admitir que historicamente tenham se desenvolvido formas de representação, ou construções enunciativas, específicas para tal fim.

Segundo Hoffman e Laszlo (1991), as representações simbólica e submicroscópica evoluíram de analogias fenomenológicas de experiências sensoriais no nível macroscópico, as quais permitem aos químicos terem uma linguagem comum para sua investigação conjunta e são utilizadas para a comunicação entre profissionais da comunidade (Kozma e col., 2000). Ainda de acordo com Hoffman e Laszlo, as representações químicas são metáforas, modelos ou construtos teóricos da interpretação química da natureza e da realidade, com o que está de acordo Nye (1993) que também sugere serem essas características determinantes da formação de um pensamento que diferencia a Química de outras ciências. Em uma perspectiva sociocultural, diríamos que as construções enunciativas típicas das esferas de comunicação e de atividade dos químicos têm se constituído também pela criação de elementos semióticos que conferem estabilidade relativa aos enunciados de modo a permitir maior capacidade para negociar significados e mercadorias. No entanto, estamos de acordo que se trata de um processo histórico, que está profundamente relacionado à formação de uma área de conhecimento específica, ou o que para nós seria um conjunto de esferas de comunicação e de atividade que

compartilham gêneros discursivos particulares e instrumentos específicos para mediar as atividades de trabalho.

Professores e pesquisadores do ensino de química têm realizado estudos sobre como promover o entendimento conceitual em estudantes do Ensino Médio (Wu, Krajcik e Soloway, 2001) e Superior (Kozma e Russel, 1997) através do desenvolvimento da habilidade de representação das três dimensões do conhecimento químico. Nestes estudos, tem-se interpretado que os estudantes parecem dominar as construções simbólicas da química tratando equações químicas como entes matemáticos, ao invés de utilizá-las como representações de processos dinâmicos e interativos. Outras pesquisas apontam para o fato de estudantes poderem elaborar a resposta correta para problemas em química tendo apenas um entendimento conceitual parcial (Sawyer, 1990; Smith e Metz, 1996), sem que tenham se apropriado, por exemplo, da simbologia química. É neste sentido que estes autores têm defendido a resolução de problemas como estratégia de ensino para desafiar o estudante a se apropriar de formas de pensamento da química, o que tem sido realizado em situações que lhes permitam correlacionar o fenômeno em sua dimensão macroscópica com as dimensões submicroscópica e simbólica.

Outros estudos também apontam para o fato de estudantes de Ensino Médio e Superior apresentarem dificuldades para interpretar fenômenos e transformações químicas em termos do modelo de partículas atualmente aceito (Garnet, Garnet e Hacking., 1995). Alguns autores têm interpretado estas dificuldades de aprendizagem como oriundas da natureza particulada, abstrata e não observável da química, e da necessidade de rápida transferência entre os três níveis de representação (Jonstone, 1991; Gabel, Biner e Haines, 1992). Parece existir uma dificuldade maior por parte dos estudantes em compreender o nível submicroscópico e a representação do nível simbólico, pelo fato de as mesmas serem, respectivamente, invisíveis e abstratas. Desta forma, devido ao pensamento dos estudantes se apoiar em informações sensoriais, eles têm a tendência em permanecer no nível macroscópico em suas explicações sobre os

fenômenos e propriedades de substâncias (Ben-Zvi, Eylon e Silberstein, 1987; Ben-Zvi, Eylon e Silberstein, 1988; Griffiths e Preston, 1992).

De qualquer perspectiva que se investigue, é fato que professores, pesquisadores e profissionais da química operam apropriadamente com as dimensões do conhecimento, enquanto estudantes têm dificuldade em estabelecer relações entre estes níveis. Desta forma, parece bastante provável que a utilização de modelos, analogias e gráficos computacionais em situações estruturadas de ensino seja produtiva para os estudantes se apropriarem das formas de pensamento químico, conforme alguns estudos têm mostrado. No entanto, não temos observado uma atenção suficiente nesses estudos em considerar tanto a fundamentação epistemológica da Química nas especificidades do seu paradigma atômico-molecular, quanto a organização das atividades de ensino, quando se propõe introduzir meios mediacionais estranhos à sala de aula e à própria concepção de ensino de química predominante nas escolas de Ensino Médio.

Estamos certos de que é possível articular fundamentos epistemológicos da Química, como a especificidade da representação estrutural, com a organização das atividades de ensino na direção de superar visões equivocadas pela memorização ou pelo experimentalismo ingênuo. Para tanto, é necessário focar a atenção na estruturação de atividades pelas quais as formações discursivas abriguem elementos representacionais das realidades macroscópicas e submicroscópicas, de modo que os estudantes dominem estes elementos para elaborar significados na fronteira destas realidades. Neste sentido, vamos recuperar a discussão sobre objetos moleculares que iniciamos no Capítulo 2 e demos seqüência no Capítulo 3, procurando desta vez ressaltar aspectos epistemológicos do conhecimento químico e aspectos estruturais das atividades de ensino, relacionando-os ao desenvolvimento de ambientes virtuais de simulação e de visualização do objeto molecular. Devemos neste percurso tratar de um aspecto central na constituição das ciências da natureza, a experimentação com o intuito de encontrar o lugar para a simulação computacional.

É de conhecimento dos professores de ciências o fato da experimentação despertar um forte interesse entre os alunos em diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta.

Nossa proposta aqui é discutir o papel da experimentação nos processos de elaboração do pensamento científico, elevando-a à categoria de dispositivo sócio-técnico-cognitivo e na direção de caracterizar a simulação computacional como um tipo de experimentação. Queremos identificar as características mais fundamentais do pensamento científico, apoiando-nos nos estudos de alguns filósofos da ciência, sem a pretensão de defender uma idéia de evolução para a experimentação e seu posicionamento dentro das ciências naturais ou humanas, mas apenas apontar os principais apoios da teoria do conhecimento que sustentam essa discussão para caminhar na direção de compreender o papel da simulação na construção do pensamento científico.

### **Sobre a experimentação e a construção do pensamento científico.**

Há mais de 2300 anos, Aristóteles defendia a experiência quando afirmava que ‘quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento’ (*Aristóteles, 1979*). Naquele tempo, já se reconhecia o caráter particular da experiência, sua natureza factual como elemento imprescindível para se atingir um conhecimento universal. Ter a noção sem a experiência resgata, em certa medida, a temática de se discutir as causas sem que se tome contato com os fenômenos empíricos, o que significa ignorar o particular e correr o risco de formular explicações equivocadas.

O pensamento aristotélico marcou presença por toda a Idade Média entre aqueles que se propunham exercitar o entendimento sobre os fenômenos da

Natureza. Esse exercício desenvolvia-se principalmente num plano além da concretude do mundo físico, estabelecido na lógica, um poderoso instrumento de pensamento já conhecido dos gregos. O acesso ao plano dos fenômenos ocorria por meio dos sentidos elementares do ser humano, que orientava seu pensamento através de uma relação natural com o fenômeno particular. Na ausência de instrumentos inanimados de medição, a observação - numa dimensão empírica - era o principal mediador entre o sujeito e o fenômeno. Aliada à lógica - numa dimensão teórica -, a observação natural sustentou na sua base empírica a Metafísica no exercício de compreensão da Natureza.

Passados 23 séculos e guardadas as particularidades do contexto a que se aplica a fala de Aristóteles, notamos que muitas propostas de ensino de ciências ainda desafiam a contribuição dos empiristas para a elaboração do conhecimento, ignorando a experimentação, ainda como uma espécie de observação natural, como um dos eixos estruturais das práticas escolares. A elaboração do conhecimento científico apresenta-se dependente de uma abordagem experimental, não tanto pelos temas do seu objeto de estudo, os fenômenos naturais, mas fundamentalmente porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação. Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve-se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas.

A experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica seqüencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. Ocorreu naquele período uma ruptura com as práticas de investigação vigentes, que consideravam ainda uma estreita relação da Natureza e do Homem com o Divino, e que estavam fortemente impregnadas pelo senso comum. A experimentação ocupou um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica, que se

pautava pela racionalização de procedimentos, tendo assimilado formas de pensamento características, como a indução e a dedução.

Estabelecido um problema, o cientista ocupa-se em efetuar alguns experimentos que levem-no a fazer observações cuidadosas, coletar dados, registrá-los e divulgá-los entre outros membros de sua comunidade, numa tentativa de refinar as explicações para os fenômenos subjacentes ao problema em estudo. O acúmulo de observações e dados, ambos derivados do estágio de experimentação, permite a formulação de enunciados mais genéricos que podem adquirir a força de leis ou teorias, dependendo do grau de abrangência do problema em estudo e do número de experimentos concordantes. Este processo de formular enunciados gerais à custa de observações e coleta de dados sobre o particular, contextualizado no experimento, é conhecido como indução. O método descrito por Francis Bacon fundamenta a chamada ciência indutivista, que nas suas palavras se resume a:

‘Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma, que consiste no saltar-se das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, a descobrirem-se os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. A outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Este é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado’ (Bacon, 1989, p. 16).

Um exemplo simples de aplicação do método indutivo em situações de ensino pode ser analisado numa atividade de laboratório, onde se pede para vários alunos registrarem independentemente a temperatura de ebulição da água. Supondo que estes alunos façam seus experimentos numa cidade litorânea e que todos eles tenham registrado a temperatura de ebulição em 100°C, pode-se levá-los à conclusão, pelo método indutivo baseado no acúmulo de evidências experimentais, que a temperatura de ebulição da água é 100°C. No pensamento indutivista, não há lugar para a contradição, ou seja, as evidências empíricas devem todas concordar com as proposições genéricas.

Ainda preocupado em formular uma metodologia científica precisa, René Descartes impõe à experimentação um novo papel, diverso do proposto pelo seu contemporâneo Bacon. Descartes considerava que o processo dedutivo – reconhecer a influência causal de pelo menos um enunciado geral sobre um evento particular – ganharia mais força na medida em que o percurso entre o enunciado geral e o evento particular fosse preenchido por eventos experimentais:

‘Percebi, (...), no que concerne às experiências, que estas são tanto mais necessárias quanto mais adiantado se está em conhecimentos. (...) Primeiramente, tentei descobrir, em geral, os princípios ou causas primitivas de tudo o que é ou que pode ser no mundo (...) Depois, examinei quais eram os primeiros e mais comuns efeitos que podiam ser deduzidos de tais causas. (...) Após isso, quis descer às mais particulares’.

Desse trecho retirado da sexta parte – ‘Que Coisas são Requeridas para Avançar na Pesquisa da Natureza’ – do livro *Discurso do Método*, percebe-se que há uma inversão na proposta de Descartes (1987) para o fazer ciência, comparando-se com aquela feita por Bacon, pois não é mais o acúmulo de evidências particulares que fortalece o enunciado geral, a lei, a teoria.

Partindo-se de uma proposição genérica, como a temperatura de ebulição dos líquidos é função da pressão ambiente e tendo como fato, que ao nível do mar a água entra em ebulição a 100°C, e numa certa cidade serrana, ela entra em ebulição a 96,5°C, podemos formular a hipótese de que a temperatura de ebulição da água numa panela de pressão será maior que 100°C. Como a proposição apela para a variação da temperatura em função da pressão e os dados revelam que esta taxa é positiva (maior pressão, maior temperatura), deduzimos que em um sistema semi-aberto como a panela de pressão, a pressão ambiente será maior e portanto a temperatura de ebulição será maior. Qual é o papel da experimentação aqui? Confirmar nossa hipótese, uma espécie de carimbo atestando a força da proposição geral.

Cumprir destacar a característica de controle que a experimentação passa a exercer com a transformação do pensamento científico. Este controle, exercido sobre as variáveis inerentes ao fenômeno em estudo, subsidia a prática empírica de adotar a precisão da medida da variável como critério mais adequado de

juízo do fenômeno, que durante o advento da fase racionalista da ciência passa a ocupar o lugar da prática aristotélica de privilegiar os sentidos na abordagem do fenômeno. O empírico avança para a compreensão do fenômeno à medida que abstrai os sentidos e se apóia em medidas instrumentais mais precisas, passíveis de reprodução extemporânea. O ataque à filosofia aristotélica no século XVII é completado por Galileu, que atribui à experimentação um papel central no fazer ciência, o de legitimadora<sup>28</sup>.

Esses três pensadores são considerados fundadores da ciência moderna, fundamentalmente por terem combatido o pensamento aristotélico, no qual a experiência tinha base na observação natural, mas também por terem contribuído para a estruturação do que ficou conhecido como Método Científico, onde a experiência é planejada com base num estratagema racional. Suas idéias fundamentais foram retomadas por Augusto Comte (1983, p.8) no seu *Curso de Filosofia Positiva*:

“(...) indicarei a data do grande movimento impresso ao espírito humano, (...), pela ação combinada dos preceitos de Bacon, das concepções de Descartes e das descobertas de Galileu, como o momento em que o espírito da filosofia positiva começou a pronunciar-se no mundo”. (Comte, 1983, p.8)

As idéias positivistas influenciaram e têm ainda influenciado práticas pedagógicas na área de ensino de ciências, sustentadas pela aplicação do Método Científico. Saber selecionar e hierarquizar variáveis, segundo critérios de pertinência para a compreensão dos fenômenos, controlar e prever seus efeitos sobre os eventos experimentais, encadear logicamente seqüências de dados extraídos de experimentos, são consideradas, na visão positivista, competências de extremo valor para a educação científica do aluno. A experimentação não só exerce a função de instrumento para o desenvolvimento dessas competências, mas também de veículo legitimador do conhecimento científico, na medida em que os dados extraídos dos experimentos constituíam a palavra final sobre o

---

<sup>28</sup> Para um aprofundamento nesse tema, ver LOSEE (1979), que discute a influência dos três pensadores na crítica ao aristotelismo.

entendimento do fenômeno em causa. Parece ter sido o desenvolvimento dessas competências o principal objetivo da experimentação no Ensino de Ciências, e de Química em particular, até o final dos anos 1960, quando os programas de educação científica recebiam forte influência do pensamento lógico-positivista e comportamentalista. Tratava-se de aplicar as etapas supostas do Método Científico nas salas de aula, confiando que a aprendizagem ocorreria pela transmissão destas etapas ao aluno, que indutivamente assimilaria o conhecimento subjacente.

À parte da polêmica sobre o processo de evolução do pensamento científico, podemos identificar, ainda no pensamento de Comte, os prejuízos que a transposição cega, irrefletida, do Método Científico, e o papel atribuído à experimentação nesse tratamento reservam às práticas da educação científica. Comte, ao desprezar a teologia e a metafísica, refuta o exercício da busca das causas geradoras dos fenômenos, por acreditar que somente a experimentação pode oferecer a medida de força para as explicações positivas. Priorizando analisar com exatidão as circunstâncias da produção de explicações positivas, Comte adota o rigor empírico como fundamento da prática científica e propõe vincular estas explicações, mediante relações normais de sucessão e similitude (cf. Comte, 1983, p. 7). Para os afeitos à cotidianidade da ciência normal, tal proposta pode ser defensável, principalmente porque se sustentam no pragmatismo ingênuo dos acertos e desprezam o erro como estágio inato do fazer ciência. Para a Educação em Ciências, a tese positivista carece de fundamentação científica, por desconsiderar que para o aprendiz a Ciência é uma representação do mundo, entre outras tantas, que se revelam de forma espontânea ou dirigida por uma práxis cultural distinta daquela legitimada pela comunidade científica <sup>29</sup>.

A partir da década de 1970, os programas de educação científica passaram a ser influenciados por uma cultura de pesquisa nessa área (Schnetzler e Aragão, 1995), recebendo influência da psicologia cognitiva e da epistemologia estruturalista, entre outras áreas do conhecimento. As atividades de ensino

---

<sup>29</sup> Referimo-nos aqui à extensa pesquisa sobre concepções alternativas dos alunos acerca do conhecimento científico. Para uma discussão mais aprofundada desse tema ver Garnett e col. (1995).

deixaram de ser encaradas como transposições diretas do trabalho de cientistas e o desenvolvimento cognitivo do ser humano foi tomado como um parâmetro essencial para a organização do ensino. Nesses termos, os estágios de evolução do pensamento e as idéias prévias do indivíduo arquitetadas num ambiente sociocultural e histórico foram tomados como substratos para se promover a aprendizagem em sala de aula (Mortimer e Carvalho, 1996). A linearidade do Método Científico de matriz lógico-positivista foi desafiada e assim os elementos organizadores do Método foram reavaliados e seus lugares redefinidos.

Tendo por base a influência dos programas de pesquisa da Educação em Ciências desenvolvidos a partir da década de 1970, passamos a analisar o papel que cabe à experimentação na educação em ciências da escola básica.

Em seu livro, a 'Formação do Espírito Científico', Gaston Bachelard ocupa-se em apontar os obstáculos que se apresentam ao sujeito (o autor fala do espírito) quando em contato com o conhecimento científico, seja por meio de fenômenos, seja no exercício da compreensão. Ao propor que a primeira experiência *exigente* é a experiência que 'falha' (itálico e aspas do autor), Bachelard destaca o papel do erro no progresso da ciência, tanto por se exigir um processo de freagem do estímulo, o que acalmaria os impulsos do sensível, como também por impulsionar o cientista à precisão discursiva e social, subsidiando o desenvolvimento de técnicas e teorias (cf. Bachelard, 1996, p. 295-297).

Uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado ao que supõe ser a causa explicativa do fenômeno, em lugar de promover uma reflexão racionalizada. O erro num experimento planta o inesperado em vista de uma trama explicativa fortemente arraigada no bem-estar assentado na previsibilidade, abrindo oportunidades para o desequilíbrio afetivo frente ao novo. Rompe-se com a linearidade da sucessão 'fenômeno corretamente observado/medido  $\Rightarrow$  interpretação inequívoca', verdadeiro obstrutor do pensamento reflexivo e incentivador das explicações imediatas. A chamada psicanálise do erro visa dosar o grau de satisfação íntima do sujeito, substrato indispensável para manter o aluno engajado em processos investigativos. Numa dimensão psicológica, a experimentação quando aberta às possibilidades de erro

e acerto mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem, pois ele a reconhece como estratégia para resolução de uma problemática da qual ele toma parte diretamente, formulando-a inclusive.

O segundo argumento de Bachelard em favor do ‘experimento exigente’ é igualmente aplicável às situações de aprendizagem: a busca de uma precisão discursiva e social. Poderíamos nos ater às questões dos instrumentos de observação/medida do fenômeno, mas estaríamos nesse caso fadados a permanecer em discussões tecnicistas sobre a medida experimental. Importa, nesse momento, desvelar a noção de representação do conhecimento para os processos de aprendizagem. Em primeiro plano, sendo a ciência uma construção humana, deve-se reconhecer que no fazer ciência desenvolve-se um processo de representação da realidade, onde predominam acordos simbólicos e lingüísticos num exercício continuado de discursos mentais, íntimos ao sujeito, e discursos sociais, propriedade do coletivo. A falha do experimento alimenta este exercício, por mobilizar os esforços do grupo no sentido de corrigir as observações/medidas; por desencadear uma sucessão de diálogos de natureza conflituosa entre o sujeito e o outro e com seus discursos mentais; por colocar em dúvida a veracidade do modelo representativo da realidade. A decorrência possível desse movimento é um novo acordo para se ter acesso e para representar o fenômeno, que altera o quadro dialógico do sujeito com a realidade.

O que se busca com o ‘experimento exigente’, e aqui o professor ocupa papel estratégico, é um acordo na direção do que é cientificamente aceito e, portanto, dialogável com a comunidade científica. Esse exercício social de interação discursiva não foi priorizado pelas propostas de ensino de ciências quando se tentou aplicar o método da redescoberta, acreditando-se que o acesso ao fenômeno e aos seus instrumentos de observação/medida cumpriria os objetivos do ensino, meramente reprodutores da ‘realidade positiva’. Ao se incentivar os alunos a expor suas idéias acerca do fenômeno, que estão no plano da subjetividade, desencadeia-se um processo pautado na intersubjetividade do coletivo, cujo aprimoramento fundamenta o conhecimento objetivo. O processo de objetivação do conhecimento, por ser uma necessidade social, deve ser um eixo

central da prática educativa e aqui a experimentação desempenha um papel de fórum para a organização desta prática.

Mais recentemente, o tema aprendizagem colaborativa vem sendo amplamente debatido na literatura de ensino de ciências (Nurrenbern e Robinson, 1997), donde podemos depreender que é necessário criar oportunidades para não somente realizar experimentos em equipe, mas também para a promover a colaboração entre equipes. A formação de um espírito colaborativo de equipe pressupõe uma contextualização socialmente significativa para a aprendizagem, tanto do ponto de vista da problematização - temas socialmente relevantes -, como também da organização do conhecimento científico - temas epistemologicamente significativos. Novamente, ao professor é atribuído o papel de líder e organizador do coletivo, arbitrando os conflitos naturalmente decorrentes da aproximação entre as problematizações socialmente relevantes e os conteúdos do currículo de ciências. Estratégias negociadas em torno de temáticas ambientais podem vir a contentar ambas as colunas reivindicatórias, que atuam tanto em sala de aula, como nos bancos acadêmicos.

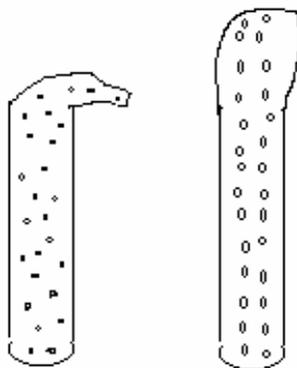
O estudo da energética das transformações químicas é um bom exemplo da abordagem colaborativa para realizar experimentos em equipe. Ao se desencadear a problematização dos combustíveis como fonte importante de energia para a humanidade, tem-se a oportunidade de examinar experimentalmente desde os derivados do petróleo, aos combustíveis obtidos da biomassa, como o álcool e o biodiesel. Para que substâncias tão diversas sejam objetivamente comparadas, torna-se necessário estabelecer um protocolo básico de comunicação entre os grupos e mesmo entre dados/observações extraídos dos experimentos. O próprio planejamento dos experimentos deve guardar relações de similaridade e desse acordo em torno da resolução de uma problemática socialmente relevante, pode-se arquitetar o conceito de entalpia, que emerge num contexto epistemologicamente significativo, pois a organização do conhecimento decorre de uma atitude cientificamente construída.

A experimentação pode também cumprir a função de alimentadora desse processo de significação do mundo, quando se permite operá-la no plano da

simulação dos fenômenos. Aqui, estamos nos referindo à noção de simulação que sugerimos no Capítulo 2, na qual se transpõe o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de modo a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e de modo também a representar visualmente o fenômeno na tela do computador. A simulação é uma mediação distinta que serve para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições. É no ambiente de simulações que podem se formar cenários estimuladores para a criação de representações mentais pelo sujeito, que passa a reconhecer nos modelos ora simulados uma instância intermediária entre suas representações internas e as representações externas do fenômeno. Nessas situações, o sujeito se percebe diante de uma nova dimensão da realidade, obrigando-se a formular sua própria representação, que venha a se ajustar àquela em simulação. Trata-se, portanto, de conferir à experimentação o novo papel de constituinte de uma realidade simulada, etapa intermediária entre o fenômeno, que também é acessado pelo prisma da experimentação, e a representação que o sujeito lhe confere.

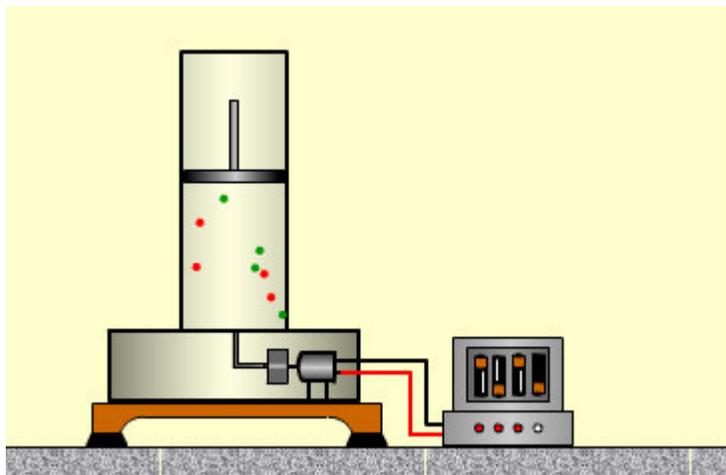
Um exemplo prático pode traduzir com mais propriedade essas idéias. Em estudo sobre as concepções atomísticas de alunos, realizaram-se experimentos envolvendo o aquecimento de um tubo de ensaio fechado por uma bexiga de borracha, conforme descrito no primeiro número de *Química Nova na Escola* (Mortimer, 1995). Solicitou-se aos alunos que formulassem explicações sobre o comportamento do sistema, quando o tubo de ensaio era aquecido. O modelo explicativo de um grupo de alunos levava em conta uma relação direta entre a expansão do volume das partículas constituintes do ar e a expansão do volume da bexiga de borracha, sem que se aventasse para o aumento da velocidade das partículas (Figura 4.1). É de se ressaltar a capacidade de os alunos criarem modelos explicativos para o fenômeno em estudo, o que sem dúvida é uma competência importante a ser cultivada em situações de ensino envolvendo experimentação.

Figura 4.1: Representação feita por alunos do sistema tubo de “ensaio/bexiga plástica” na ausência de e sob aquecimento. (Mortimer, 1995).



Numa proposta de continuação para esta atividade, pode-se sugerir a observação e a manipulação de um sistema fechado, onde pequenas esferas rígidas (miçangas de plástico) possam se movimentar dentro de um cilindro, cujo volume varie em função da posição de um êmbolo móvel. Para promover o movimento das miçangas, utiliza-se uma membrana vibratória, cuja intensidade de vibração seja função da energia elétrica fornecida por diferentes quantidades de pilhas (Figura 4.2). Produz-se, dessa forma, uma analogia com o sistema tubo de ensaio-bexiga sob aquecimento.

Figura 4.2: Esquema representativo do sistema de simulação miçanga /cilindro/ êmbolo móvel.



O modelo simulado estabelece uma série de correspondências com o sistema empírico original. No plano dos elementos formuladores do modelo destacam-se: as fontes de energia, as pilhas e a chama do bico de bunsen; os volumes, nos conjuntos “tubo de ensaio/bexiga” e “cilindro/êmbolo móvel”; as partículas, moléculas do ar e miçangas rígidas. No plano das relações intrínsecas ao modelo, a principal correspondência ocorre entre o aumento do volume do sistema “cilindro/êmbolo móvel” em função do aumento do número de pilhas com o aumento do volume da bexiga em função do tempo de aquecimento do sistema experimental original. De uma forma mais aprofundada, simula-se a velocidade média das moléculas do ar, conceito central para o entendimento do fenômeno.

Um segundo exemplo é a utilização de objetos moleculares do tipo bolavaretas, quando se propõe ensinar Química Orgânica por meio de um enfoque estereoquímico. Nesse caso, torna-se bastante difícil confrontar o aluno com uma realidade concretamente observável, já que em nível molecular, a ciência opera com modelos radicalmente abstratos. No nível molecular, o tempo e o espaço tomam dimensões absolutamente distintas daquelas que operamos no nível molar. As medidas de tempo para propriedades como translação molecular são da ordem de pico-segundos ( $10^{-12}$ s) para deslocamentos da ordem de nanômetro ( $10^{-9}$ m).

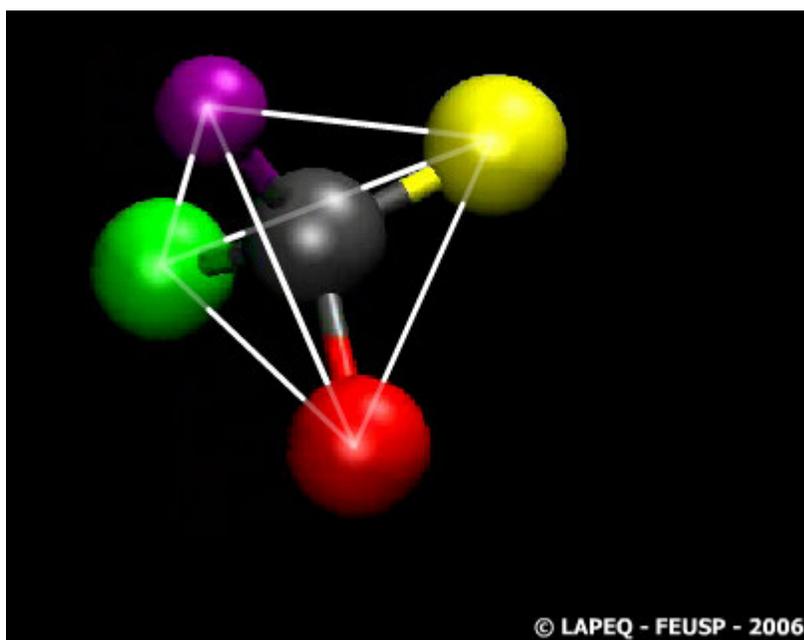
Não há como estabelecer correspondências diretas, que considerem as reduções de escalas de tempo e espaço entre os objetos moleculares, e as propriedades moleculares tratadas na educação básica, o que não significa que tenhamos que abandonar prematuramente esta abordagem para nos render ao nomenclaturismo predominante nas estratégias de ensino da Química Orgânica, ou ainda, ao experimentalismo ingênuo. Esta é exatamente a oportunidade de preparar o aluno para instalar-se no estágio que alguns têm insistido em chamar de nível formal de pensamento, ou melhor, para fazê-lo transitar por novas esferas de comunicação e de atividade.

A manipulação de objetos do tipo bola-vareta desenvolve no aluno uma habilidade cognitiva muito importante para a compreensão dos fenômenos químicos na dimensão submicroscópica, que é a projeção da ocupação espacial do objeto molecular no plano mental. Habitados a reconhecer as moléculas em representações de fórmulas moleculares, como  $\text{CH}_4$ , raramente veicula-se para o aluno a representação tridimensional do tetraedro, figura geométrica base para representação das fórmulas estruturais das moléculas formadas por átomos de carbono, juntamente com o objeto molecular (Figura 4.3). É neste sentido que a visualização molecular, enquanto uma das formas internas de representação do objeto molécula, confere certa concretude à representação molecular, que tem se mostrado necessária para engajar o aluno no processo de elaborar formas internas e externas de representação dos fenômenos submicroscópicos.

No entanto, ao permanecer na representação tridimensional, corre-se o risco de estagnar sua capacidade de elaborar outras formas de representação. Deve-se subsidiar a transição do estágio de observação do objeto bola-vareta, concomitante à sua fixação imagética no plano interno, para um estágio mais avançado de domínio deste modelo, no qual o aluno possa alterá-lo conforme a situação-problema que lhe é apresentada. Nessa fase de transição, pode-se operar com outra modalidade de simulação, capaz de incorporar outros modelos representativos das estruturas moleculares, a simulação computacional. Por meio desta modalidade, o aluno poderá perceber que o conceito de cadeia carbônica pode vir a ser representado por uma opção 'traço', na qual somente as ligações

entre os átomos de carbono estão representadas; ou ter a noção de preenchimento espacial, próximo ao conceito de superfície molecular, por meio de uma outra opção, onde as varetas não podem ser mais percebidas e as esferas passam a se sobrepor. Finalmente, as possibilidades de movimentação, rotação, vibração e translação do objeto molecular simulado na tela do computador conferem uma interação inusitada com os objetos moleculares, animando-os de acordo com as idiosincrasias das formas de representação do sujeito, em estágio inicial de elaboração.

Figura 4.3: Representação de tetraedro e da molécula CFCIBr.



O papel da experimentação por simulação certamente não é o de substituir a experimentação fenomenológica proposta originalmente. Deve-se, em muitos casos, respeitar inclusive a ordem de exposição dos grupos aos experimentos: em primeiro lugar o experimento com o sistema da Figura 4.1, depois o experimento de simulação (Figura 4.2). No entanto, é preciso reconhecer que do ponto de vista da teoria do conhecimento, a simulação conjugada à visualização conduz a uma mudança de fundo no estatuto do fenômeno de grande potencial para a Educação

em Ciências. A simulação é uma forma de mediação distinta para relacionar os fenômenos macroscópicos e submicroscópicos, uma construção teórica que nem sempre encontra sustentação empírica para medições. Conforme já indicamos no Capítulo 2, a justaposição do controle das variáveis embutidas nas leis físicas à representação visual do próprio fenômeno permite a elaboração de formas de representação diferenciadas e aqui estamos sugerindo que quando ampliamos a idéia de experimentação para abarcar a simulação caminhamos na direção de caracterizá-la como um dispositivo sócio-técnico-cognitivo, ou seja, na Educação em Ciências a experimentação deve ser considerada em suas dimensões social, instrumental e mental. É desta perspectiva que reconhecemos uma das contribuições mais importantes da abordagem sociocultural particularmente nos estudos sobre elaboração de significados nas situações de uso do computador.

Tendo caracterizado a experimentação em suas dimensões social, instrumental e mental, devemos considerar em seguida os condicionantes da estruturação das atividades de ensino mediadas por computador, recolhendo as contribuições de alguns estudos sobre a utilização de aplicativos de animação, simulação e visualização molecular para apresentar o cenário de desenvolvimento de ambiente virtuais de ensino desde a perspectiva sociocultural.

### **Sobre o desenvolvimento de ambientes virtuais de ensino de Química.**

Estudos têm indicado bons resultados de aprendizagem quando da utilização de objetos moleculares tridimensionais como forma de representação do modelo de partículas e das transformações químicas associadas (Copolo e Hounshell, 1995; Gabel e Sherwood, 1980; Talley, 1973). Alguns autores têm observado um efeito cumulativo de longo prazo na compreensão dos estudantes sobre os fenômenos quando são submetidos à manipulação destes tipos de objetos moleculares (Gabel e Sherwood, 1980). Este tipo de representação é apontado com um dos mais utilizados na atualidade, pois simplifica, ilustra e permite a exploração da estrutura molecular e do processo químico associado. No entanto, estes objetos são rígidos e geralmente estão disponíveis em quantidades

limitadas, o que restringe seu uso à construção de moléculas pequenas (Barnea e Dori, 1999).

Uma das funcionalidades dos aplicativos computacionais é veicular animações do nível molecular do fenômeno químico, sem algumas das limitações presentes em outros meios de representação, como a quantidade de átomos constituintes e a movimentação do objeto molecular. A utilização desta tecnologia como ferramenta de ensino permite a visualização de animações dinâmicas projetadas tridimensionalmente, o que, segundo alguns autores, tem auxiliado os estudantes a representar simbolicamente os processos químicos e, portanto, a interpretar a fenomenologia nas dimensões macroscópica e submicroscópica (Williamson e Abraham, 1995). Este suporte ao aprendizado provido pelas tecnologias computacionais tem sido considerado como um atributo específico e particularmente útil para representar as três dimensões do pensamento químico, pois elas têm a qualidade de dispor a informação em sistemas simbólicos diferentes, mas coordenados (Kozma, 1991). Formas múltiplas de representação relacionadas entre si têm permitido ao estudante visualizar interações entre moléculas e compreender os conceitos químicos relacionados (Kozma e col., 1996).

Um problema enfrentado freqüentemente pelos estudantes é a realização de tarefas que exigem habilidades de imaginação tridimensional, bem como visualização tridimensional de moléculas que são representadas bidimensionalmente em livros (Barnea e Dori, 1999). Há evidências de que alguns tipos de representação, especialmente quando animadas e dinâmicas, podem melhorar a habilidade de visualização tridimensional dos estudantes (Seddon e Shubber, 1985; Seddon e Moore, 1986; Tuckey, Selvaratnam e Bradley, 1991). Alguns estudos mostraram que a construção de conceitos está estreitamente relacionada às representações visuais com as quais os estudantes tiveram contato durante seu aprendizado (Clark e Paivio, 1991; Paivio, 1986). É neste sentido que alguns autores têm defendido a integração entre gráficos computacionais e representação tridimensional como uma forma efetiva de melhorar a habilidade de

visualização no ensino de ciências (Kiser, 1990; Rodriguez, 1990; Wiley, 1990; Bezzi, 1991; Barnea e Dori, 1996).

A utilização de objetos moleculares virtuais gerados por computadores, além de permitir a disposição de múltiplas formas de representação (bola-vareta, traço, espaço-preenchido, superfícies) tridimensionalmente projetadas, também permite operar com os movimentos destes objetos (translação, rotação, e vibração) e variar seu tamanho. Uma outra vantagem da simulação computacional é a possibilidade de se representar moléculas de, virtualmente, qualquer tamanho, dependendo apenas da capacidade de processamento do computador. É neste sentido que o desenvolvimento de aplicativos computacionais para atividades de ensino se apresenta como uma alternativa potencialmente transformadora das práticas escolares e do processo de elaboração de significados na sala de aula, desde que nas suas aplicações seja considerada a correlação das três dimensões do conhecimento químico na organização das atividades e se investigue os ditames das ações mediadas pelos aplicativos que são fundamentalmente diferentes daquelas realizadas em situações de ensino ancoradas na experimentação em laboratório ou qualquer outra forma de acesso à fenomenologia.

Consideremos algumas especificidades da representação de objetos moleculares no computador, tendo em vista duas formas distintas de visualizá-los, a animação e a simulação.

Animações computacionais são geradas a partir de aplicativos gerais de edição gráfica, sem necessariamente incluir valores empíricos de propriedades das substâncias ou das transformações obtidos em pesquisa científica, e intencionam enfatizar determinadas características superficiais macroscópicas ou submicroscópicas sem considerar escalas de tempo ou de tamanho. Já as simulações computacionais são geradas a partir de aplicativos específicos para estudo de propriedades de substâncias e transformações químicas, e estão intimamente relacionados ao ambiente de pesquisa científica. Para realizar estas simulações são utilizados valores teóricos ou empíricos de propriedades químicas, como ângulos e distâncias de ligações, e as escalas de tempo e tamanho são

parametrizadas por equações matemáticas descritoras das leis físicas que fundamentam os fenômenos, conforme já discutimos no Capítulo 2.

Em qualquer dos casos, o objeto molecular é uma representação imagética da entidade molecular e pode ser concebido como uma analogia do que supomos ocorrer na dimensão submicroscópica da matéria e não um retrato da realidade. Pelo fato de as simulações levarem em consideração as propriedades do sistema em estudo, as mesmas podem ser visualizadas como objetos moleculares virtuais dinâmicos, uma vez que é possível simular a variação de propriedades como distância e ângulos de ligação. A partir destas simulações podem ser gerados filmes simulando o movimento conjunto dos átomos nas moléculas e em sistemas moleculares.

Uma decorrência importante da manipulação de diversas formas de representação é a possibilidade de conferir um efeito vinculativo entre a variável, de natureza teórica, e a forma de representação da propriedade, de natureza imagética. A visualização de objetos moleculares mediada pelo computador parece, portanto, promover a vinculação entre a simulação de uma propriedade da molécula e sua representação em um mesmo meio. Esta é uma situação de alto valor didático capaz de mobilizar as ações dos alunos na manipulação do objeto, na elaboração discursiva e também na elaboração de significado. Neste sentido, o desenvolvimento de ambientes virtuais de ensino deve considerar a simulação na sua dimensão de dispositivo sócio-técnico-cognitivo e a visualização na sua dimensão discursiva, de modo que as ferramentas culturais sejam utilizadas para a elaboração de significado.

Seguramente, é possível, e para nosso intento desejável, dotar os ambientes virtuais de um caráter dialógico, que permita aos alunos não apenas dialogarem entre si, mas principalmente observarem e participarem da interanimação de vozes nas formações enunciativas veiculadas. Nosso desafio é dotar os ambientes de simulação de um caráter dialógico que suscite no aluno a responsividade diante dos problemas apresentados e o faça reconhecê-los como ferramentas culturais necessárias à elaboração de significados. Portanto, o desenvolvimento de ambientes de simulação extrapola as fases de programação,

avançando sobre o desenho gráfico, ou seja, a disposição dos elementos iconográficos e verbais. Estes são os estágio básicos de desenvolvimento que antecedem a estruturação das atividades de ensino, de onde temos de desenvolver outros mecanismos para estabelecer a inter-animação de vozes, entre alunos, entre alunos e professor, entre alunos, professor e ambiente de ensino.

Apesar de existirem diversas ferramentas de visualização e construção de objetos moleculares virtuais destinadas a pesquisadores, como por exemplo, aplicativos de mecânica e dinâmica molecular, a utilização das mesmas por alunos do ensino médio ou mesmo por estudantes iniciantes no ensino superior em química é dificultada em razão da profundidade do conhecimento envolvido nos cálculos e no controle de variáveis. Em alguns casos os estudantes precisam fornecer valores para variáveis como constantes de força de ligações químicas, conhecer detalhes do processo de minimização de energia ou ainda detalhes sobre a organização das informações de saída fornecidas pelos aplicativos. Assim para que os alunos tenham acesso às aplicações de visualização molecular baseadas em simulações, é necessário desenvolver aplicativos que simplifiquem a transferência de dados entre as interfaces de entrada e saída e simultaneamente possibilitem o controle sobre variáveis que afetam a visualização.

Alguns laboratórios têm se dedicado a desenvolver interfaces para prover os estudantes com ferramentas computacionais que permitam a visualização de objetos moleculares virtuais. Russel e Kozma (1994) utilizaram um software protótipo de ambiente (4M:Chem) que incorpora simultânea e sincronizadamente representações múltiplas de fenômenos químicos. A utilização do módulo com animações sobre equilíbrio gasoso indicou um aumento do conhecimento dos estudantes sobre as características de sistemas no equilíbrio e o efeito da temperatura nestes sistemas. Estes autores observaram uma diminuição de declarações errôneas sobre conceitos químicos em avaliações sobre a utilização deste sistema.

Wu, Krajcik e Soloway (2001) utilizaram uma versão simplificada de ferramentas profissionais centradas no estudante (eChem), para auxiliar

estudantes de ensino médio a construir modelos, visualizar múltiplos modelos tridimensionais e comparar representações macroscópicas. Ao invés de oferecer modelos construídos prontos, o *software* ofereceu a oportunidade de os estudantes construírem seus próprios modelos e externalizarem seu conhecimento. Neste software cada molécula, para ser visualizada, deve ser construída átomo por átomo e ligação por ligação, sendo que o tipo de ligação deve ser especificado.

Ardac e Akaygun (2004) desenvolveram uma ferramenta de visualização química (Chemical Change) sobre transformações químicas, a qual enfatiza as representações macroscópicas, simbólicas e microscópicas. Através do uso de animações, o software oferece os três tipos de representação simultaneamente aos estudantes. Além disso, o software propõe situações nas quais é necessária a interação com material de suporte instrucional apostilado, de forma que são requisitados dos estudantes desenhos e respostas escritas como resultado final.

Não temos conhecimento até o momento de aplicativos de visualização molecular que permitam os alunos produzirem suas próprias representações de sistemas moleculares por meio de interfaces simplificadas que não exijam conhecimento aprofundado das teorias de modelagem molecular. Diante dessa lacuna, que provavelmente tem impedido a utilização de computadores em situações de ensino-aprendizagem de química, temos desenvolvido um projeto que, em sua fase de produção de aplicativos, consta de duas etapas, a criação de uma interface de comunicação do usuário com os aplicativos de simulação para construção de objetos moleculares e o desenvolvimento da interface de veiculação do objeto molecular na tela do computador. A seguir, passamos a descrever os estágios de criação e as funcionalidades do aplicativo Construtor, desenvolvido na concepção de ambiente virtual de ensino para construir objetos moleculares e para ser integrado a outras interfaces.

### **Construtor**

Construtor é uma ferramenta de criação de objetos moleculares virtuais, que utiliza o protocolo de transferência de hipertexto (HTTP) para realizar a comunicação do computador cliente com o servidor. Através desta interface, o

estudante pode construir animações de modelos moleculares bidimensionais, e também pode construir e visualizar, por meio de um *plug-in*, simulações destes modelos projetadas tridimensionalmente a partir da fórmula estrutural condensada. As animações e as simulações estão dispostas em uma mesma tela, para que o estudante possa comparar suas próprias representações com representações derivadas do modelo cientificamente aceito.

As simulações são calculadas utilizando-se o programa de modelagem molecular Tinker (Ponder e Richards, 1987), e os objetos moleculares são visualizados com o *plug-in* Chime<sup>30</sup>, ambas aplicações de domínio público e amplamente empregadas no meio científico. Outra fase do projeto centra-se no desenvolvimento de uma interface para visualização baseada na plataforma Java 2 e usando a API JOGL (*Java bindings for OpenGL*), de modo que, além das funcionalidades já disponíveis no *Chimie*, sejam incorporados movimentos que mimetizem o movimento de vibração molecular. Temos também desenvolvido em parceria com o Laboratório de Tecnologias Interativas da Escola Politécnica da USP (Interlab) o aplicativo Visualizador de Objetos Moleculares (Giordan e col., 2004) para substituir o *plug-in* Chime por um congênere nacional.

O ambiente de animação gráfica foi escrito com o auxílio do aplicativo Flash®, da Macromedia<sup>31</sup>, que é um aplicativo de uso geral na construção de animações gráficas. Neste aplicativo, desenhos bidimensionais podem ser criados a partir de figuras geométricas simples. As ferramentas oferecidas fornecem opções onde os desenhos criados podem simular a sensação visual de tridimensionalidade. Os desenhos podem ser criados em uma quantidade variável de quadros com posicionamentos diferentes, de forma que a sobreposição dos quadros cria a sensação visual de movimentação do desenho criado. A possibilidade de criação de desenhos diferentes em camadas separadas, como parte de uma mesma animação, favorece um ambiente de edição organizado e planejado.

O programa em execução no computador servidor, o qual interage com o ambiente de simulação tridimensional do usuário, e fornece os arquivos

---

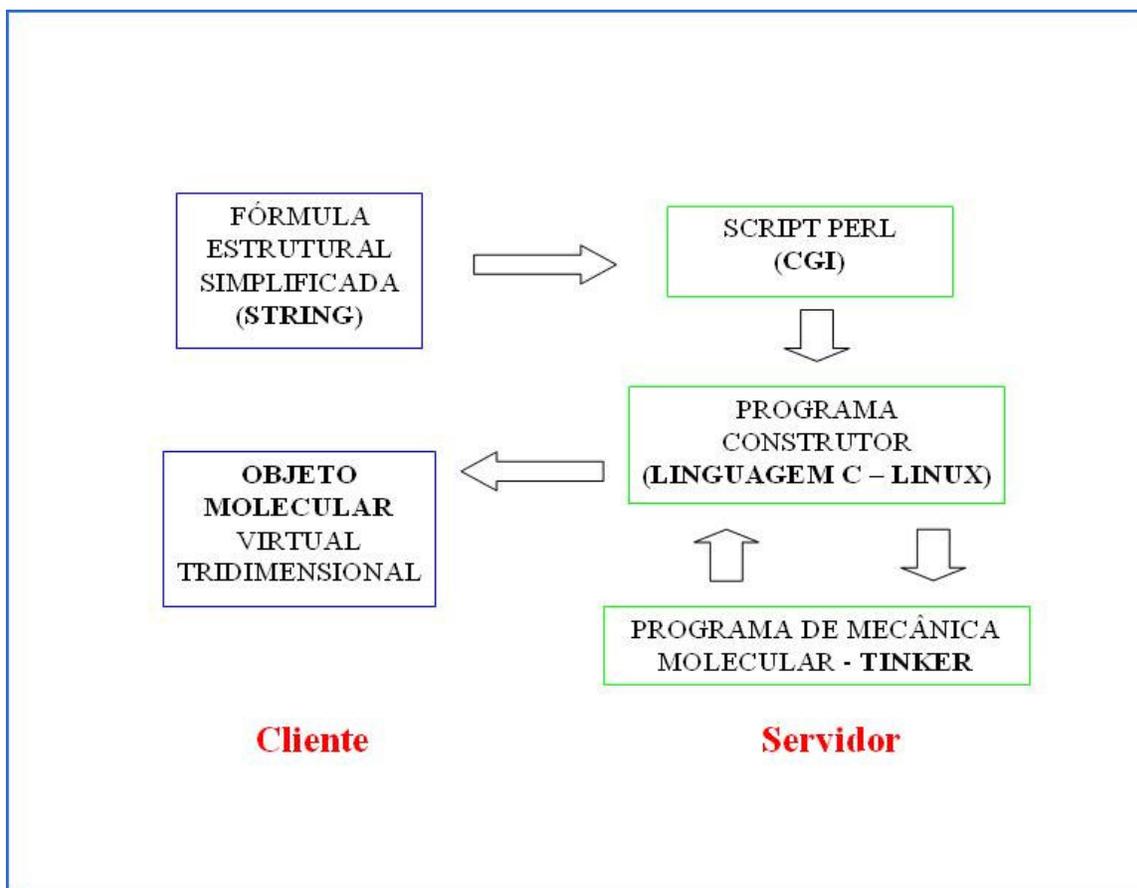
<sup>30</sup> Disponível em <http://www.mdl.com>

<sup>31</sup> Acesso em <http://www.macromedia.com>

apropriados para visualização, foi escrito em linguagem C padrão ANSI para ser executado em servidor com ambiente GNU/Linux, da distribuição RedHat 9.0. Esta parte do ambiente oferece espaço para o usuário enviar ao computador servidor, através de protocolo de comunicação via hipertexto da internet, uma seqüência de letras e números correspondentes a fórmula estrutural condensada de uma molécula orgânica, como por exemplo,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$  ou  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$ , inclusive com cadeia ramificada, insaturada e cíclica.

Na fase atual de desenvolvimento, o programa Construtor reconhece seqüências correspondentes a hidrocarbonetos, compostos halogenados, álcoois, aldeídos, cetonas e éteres. O programa Construtor, em execução no servidor, recebe a seqüência de letras e números, e devolve como resposta um arquivo correspondente à fórmula tridimensional geometricamente otimizada da molécula em questão, ao navegador do usuário. O tempo necessário para a construção do arquivo no servidor depende da quantidade de átomos desejada. Para moléculas com até 20 átomos o tempo de processamento não ultrapassa 1 segundo em uma CPU com processador Celeron 333 MHz. O tempo de resposta naturalmente irá depender da velocidade de conexão do usuário com a internet. O usuário pode visualizar o arquivo automaticamente em seu navegador se instalar em seu computador o *plug-in* Chime. A Figura 4.4 apresenta o organograma de funcionamento do Construtor

Figura 4.4: Organograma de funcionamento do aplicativo Construtor



Passaremos a descrever o funcionamento do programa Construtor, bem como sua interface com o recebimento e envio de arquivos pela internet. A página tipo hipertexto, de onde Construtor pode ser acessado, disponibiliza um campo onde o usuário escreve a seqüência de letras e números correspondente à fórmula estrutural condensada de uma molécula orgânica. Próximo a este campo existe um botão que, ao ser acionado pelo usuário, envia a seqüência escrita ao computador servidor. A página hipertexto, através do método POST, envia a seqüência de letras e números para um script tipo CGI, escrito em linguagem Perl<sup>32</sup>, rodando no servidor em diretório específico. Ao receber esta seqüência, o script é executado no servidor e se encarrega de processar comandos e executar programas, e finalmente devolver o arquivo final ao navegador do usuário como resposta. Inicialmente o script processa a seqüência de letras e números, para

<sup>32</sup> Acesso em <http://www.perl.org>

que esta seqüência seja formatada apropriadamente, de forma a ser reconhecida pelos próximos comandos e programas. A seqüência formatada é enviada pelo script para um programa escrito em linguagem C (Kernighan e Ritchie, 1988) padrão ANSI chamado CONSTRUTOR.

O programa CONSTRUTOR, a partir da seqüência recebida, constrói um arquivo em coordenadas tridimensionais e também a matriz de conectividade apropriada, que indica quais átomos estão ligados entre si<sup>33</sup>. O arquivo correspondente é construído em formato próprio para utilização do pacote de programas de mecânica e dinâmica molecular Tinker, livre para uso acadêmico e disponível na internet<sup>34</sup>. O programa Construtor, após a construção do arquivo de coordenadas tridimensionais correspondente a seqüência recebida, submete o arquivo construído à otimização de geometria por minimização de energia, utilizando o programa MINIMIZE do pacote Tinker. Os parâmetros adequados para serem utilizados automaticamente na otimização de geometria foram selecionados de forma a oferecer uma geometria apropriadamente otimizada, mas também de forma a não demandar demasiado tempo de cálculo no servidor. Este último arquivo é devolvido pelo script ao navegador do usuário, também através de protocolo de comunicação via hipertexto, finalizando o trabalho realizado pelo computador servidor.

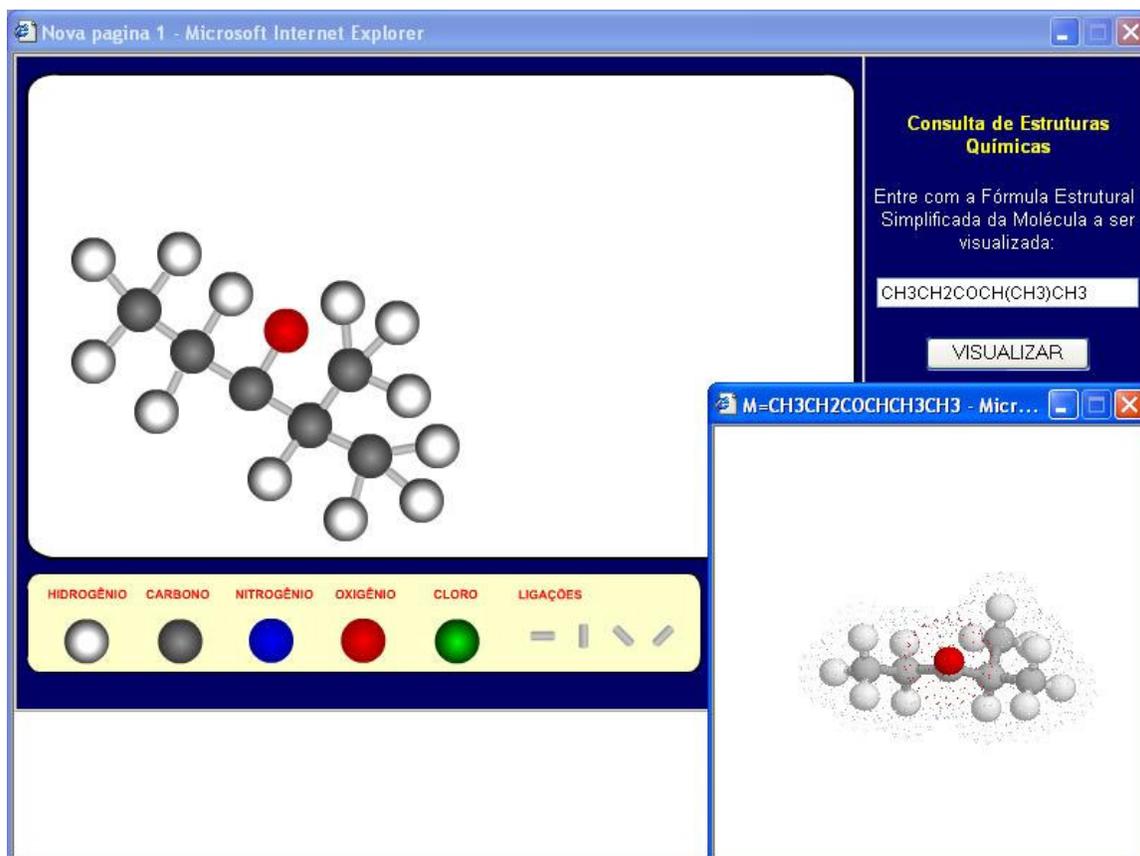
A interface de animação do programa Construtor é capaz de gerar animações estáticas bidimensionais, que não desenvolvem movimentação após serem construídas. O programa não apresenta a opção de movimentação dos átomos e moléculas, porque o mesmo é utilizado pelos alunos em um estágio de conhecimento inicial, logo após a manipulação de objetos moleculares concretos e registro de estruturas moleculares em papel. Na Figura 4.5, apresentamos uma tela do aplicativo Construtor e também da interface de visualização produzida pelo *plug-in* Chime.

---

<sup>33</sup> O programa CONSTRUTOR é um aplicativo especificamente desenvolvido para gerar a geometria inicial da molécula, sendo, portanto, um dos aplicativos do programa Construtor

<sup>34</sup> Disponível em <http://dasher.wustl.edu/tinker>

Figura 4.5: Interface gráfica do programa Construtor.



No ambiente de animação gráfica, os estudantes dispõem de uma barra de ferramentas na parte inferior da tela. Nesta barra de ferramentas estão disponíveis figuras geométricas bidimensionais que funcionam como objetos virtuais, manipuláveis pelo usuário em quantidade e posicionamento. A forma geométrica destes objetos é uma analogia do formato dos objetos moleculares concretos do tipo bola-vareta, de forma que existem 'bolas' e 'varetas' virtuais em quantidade ilimitada, bem como um espaço bidimensional à disposição dos estudantes, onde os mesmos podem ser manipulados. Escolhemos oferecer aos estudantes uma área de trabalho bidimensional, bem como objetos moleculares bidimensionais, para minimizar a quantidade de parâmetros disponíveis, pois a manipulação de objetos em ambiente com projeção tridimensional requer o manuseio de uma quantidade maior de comandos, bem como comandos mais sofisticados, como por exemplo, aqueles que produzem textura, sombra e profundidade nos objetos.

As bolas virtuais, que simbolizam os átomos, são apresentadas em diferentes colorações no padrão CPK, de modo a oferecer ao estudante diferentes tipos atômicos. Escolhemos este padrão de coloração pelo fato de o mesmo ser utilizado por grande parte dos sistemas de visualização empregados em livros e aplicativos. Os próprios modelos concretos tipo bola-vareta utilizados em situações de sala de aula, foram fabricados com base neste padrão de cores, o que favorece a correlação entre os objetos moleculares concretos e virtuais.

Os objetos moleculares que representam as ligações químicas virtuais são bastões de tamanhos idênticos, porém estão dispostos espacialmente em quatro posições diferentes. Qualquer uma destas ligações químicas pode ser rotacionada em trezentos e sessenta graus, de forma a tomar o posicionamento apropriado, de acordo com o ponto de vista dos estudantes. Optamos em oferecer estes objetos em quatro posicionamentos diferentes para permitir ao estudante selecionar aquele que mais se aproxima da posição que ele necessita para construir suas representações. Também escolhemos restringir a um único tamanho estes objetos, porque o objetivo da atividade durante a utilização deste ambiente está focado na visualização das posições relativas dos átomos, bem como da ordem de ligação.

### **Aplicações iniciais e perspectivas futuras.**

Foi realizado um teste simples de usabilidade do programa Construtor com 32 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do Estado de São Paulo, visando coletar informações para aprimorar a versão atual. Os estudantes tiveram acesso ao programa Construtor utilizando o Tutorial de Química Orgânica (TQO) como material instrucional de apoio, o qual foi utilizado como atividade orientadora das aulas. Além das respostas por escrito, foi solicitado aos estudantes a realização de atividades de construção, manipulação e visualização de objetos moleculares virtuais e concretos. Os objetos moleculares concretos foram colocados à disposição dos mesmos na forma de modelos comerciais tipo bola e vareta, enquanto os objetos moleculares virtuais foram

exibidos aos estudantes como exemplos, ou construídos a partir das interfaces de animação e simulação.

Os estudantes foram organizados em 16 duplas, com o objetivo de incentivar a verbalização e socialização de idéias. Durante as aulas com o programa Construtor os estudantes tiveram acompanhamento do professor, que foi consultado quando surgiram dúvidas sobre o enunciado das questões e atividades propostas, ou quando discordavam entre si da resposta a ser dada.

Nestas aulas, realizadas em uma sala com 18 computadores, os estudantes mostraram atitudes positivas, tanto em relação ao material, quanto às atividades que eram solicitadas, mesmo aqueles que não participavam ativamente de atividades parecidas, sem o uso de computadores, na sala de aula. De modo geral, observou-se boa desenvoltura dos estudantes com as interfaces, não tendo sido registradas dificuldades operacionais com as interfaces de animação e simulação que limitassem a realização das atividades. Testes de usabilidade mais refinados vêm sendo desenvolvidos a partir dos dados de registro da tela em que os estudantes trabalham, concomitantemente ao registro audiovisual dos mesmos, conforme o sistema de captação de dados apresentados no Capítulo 3.

O desenvolvimento de interfaces computacionais para visualização de objetos moleculares reacende uma discussão tão antiga quanto atual, sobre como o ser humano age com a matéria para transformar o mundo. Um dos temas contemporâneos mais instigantes, ao lado dos meios digitais e da internet, é a manipulação da matéria em escala nanoscópica. Criar dispositivos em escala molecular é a nova fronteira de manipulação da matéria pela espécie. Produzir substâncias de interesse farmacológico a partir de usinas enzimáticas selecionadas também faz parte da agenda da indústria de química fina. A nanotecnologia e a biologia molecular são fronteiras do conhecimento que conhecerão rápida expansão neste século que se inicia.

A inserção da população nesse debate é uma prioridade do letramento científico que não pode ser excluída da educação básica. Hoje, as implicações dessas formas de manipular a matéria atingem dimensões éticas que exigem de nós a formação de um juízo que extravasa os limites da ciência, mas não descarta

a compreensão de como se constrói o conhecimento também em sua dimensão material. Levar computadores para escolas é mais do que atender as demandas do mercado de trabalho; significa cultivar formas contemporâneas de pensamento que estão enraizadas no desenvolvimento da espécie, pelo menos na sua ânsia por dominar a matéria e o outro. É na direção de explicitar as íntimas relações entre as formas de produção material e de conhecimento com as formas de interação entre os sujeitos e dos sujeitos com o mundo que os programas de pesquisa dedicados ao uso de computadores têm maiores chances de contribuir para interpretar e transformar as relações sociais que permeiam as diferentes práticas institucionais.

É desta perspectiva, que passaremos a apresentar no próximo capítulo os resultados de uma pesquisa sobre a inserção da internet em uma comunidade escolar.

# CAPÍTULO 5

## A INTERNET VAI À ESCOLA: DOMÍNIO E APROPRIAÇÃO DE FERRAMENTAS CULTURAIS



O objetivo deste capítulo é descrever e analisar o processo de introdução da internet em uma comunidade escolar, e verificar como o domínio e a apropriação da ferramenta cultural correio-eletrônico e os propósitos da ação mediada condicionam esse processo. A partir da descrição e da análise deste processo, identificam-se os elementos condicionantes do domínio e da apropriação da ferramenta cultural, tendo como suposto o conceito de ambientes da internet, definidos no Capítulo 1. Descreve-se a introdução da internet em uma escola no curso de um programa de formação continuada, de onde se obtêm evidências da determinação dos propósitos e das formas de uso da ferramenta cultural pelos agentes sobre os processos de elaboração de significados, e de apropriação do correio eletrônico pelos professores e pela instituição. Analisam-se as modalidades discursivas observadas nos diálogos para explicar as ações internas e externas realizadas pelos professores, a partir das quais se discute a interação entre a estrutura discursiva e a estrutura das ações mediadas, bem como as funções do diálogo e da ferramenta cultural na elaboração de significados. Apresentam-se razões para se realizarem programas de formação continuada sobre o uso da internet, no interior da escola, justificadas pelas transformações observadas na ambiência de ensino e aprendizagem<sup>35</sup>.

### **O programa de formação continuada e a coleta de dados.**

Com a implantação de uma rede local de computadores em meados de 1998, os professores da Escola Arte-Ofício (EAO)<sup>36</sup> passaram a ter acesso à internet a partir das salas de áreas<sup>37</sup> e de um incipiente laboratório de informática. A escola, que está localizada no interior de um campus universitário na cidade de São Paulo, dispõe de boa infra-estrutura física de prédios, com salas de aula reservadas a cada disciplina, laboratórios, horta, e mantém algumas parcerias com departamentos da universidade. A maior parte dos professores tem regime de

---

<sup>35</sup> Parte deste capítulo aparece em 'A internet vai à escola: domínio e apropriação de ferramentas culturais', (Giordan, 2005).

<sup>36</sup> Os nomes da instituição e dos professores foram alterados.

<sup>37</sup> Os professores da escola estão organizados em oito áreas: 1<sup>o</sup> ao 4<sup>o</sup> ano, português, língua estrangeira, arte, educação física, ciências humanas, ciências, e matemática.

dedicação integral e ocupam uma posição específica no quadro de carreira da universidade. Eles também costumam participar de programas de formação em serviço, e alguns são pós-graduados.

O início do programa de formação continuada, chamado de Telescola, coincidiu com a implantação da rede local e do acesso da escola à internet, o que foi acompanhado de perto por nosso laboratório, por meio de uma equipe de pesquisadores. O programa de formação continuada teve por objetivo principal disseminar o uso da internet entre os professores e outros profissionais da área pedagógica, por meio de diversas ações, dentre elas, a organização de reuniões de trabalho e de discussão sobre as formas de uso educacional da internet. A base do programa de formação constou de um estudo-dirigido, cumprido ao longo do semestre letivo com apoio de um tutorial.

Semanalmente, foram realizadas reuniões de tutoria entre os professores, ora no papel de alunos, ora no papel de tutores, e os pesquisadores. Delas, foi extraída uma parcela das *entrevistas informais*, chamadas assim devido ao seu caráter não estruturado e por ocorrerem em situações de estudo diante do computador. Mensalmente, professores e pesquisadores se reuniram para discutir aspectos gerais do programa de formação, nas chamadas *entrevistas de grupo*, e para discutir questões específicas sobre o uso da internet na escola, que devido ao caráter semi-estruturado foram chamadas de *entrevistas formais*, cuja pauta era montada com base em temas previamente estabelecidos<sup>38</sup>. Ao final de cada semestre, os professores apresentaram suas criações em hipertexto para seus tutores e para os futuros participantes do programa. Negociou-se um termo de compromisso com o grupo de professores, no qual os direitos e deveres de ambas as partes estavam explicitados, bem como os horários e o calendário de reuniões.

Procurou-se estabelecer uma relação de proximidade dos assuntos tratados nas reuniões formais e em grupo, de modo a confrontar as posições adotadas

---

<sup>38</sup> Os temas debatidos nas reuniões formais foram impressões iniciais sobre o projeto Telescola; informação e comunicação na escola; produção de hipertexto; usos da rede de computadores na escola. Nas reuniões de grupo, os temas foram: comunicação na escola; informação, educação e redes de computadores; produção de hipertexto: fundamentos e estratégias; produção de hipertexto: tema, linguagem e execução; avaliação final.

pelos professores em entrevistas individuais e as posições adotadas no grupo. Essas reuniões foram organizadas de modo a se intercalar uma reunião de estudos entre elas e a distribuir temporalmente as atividades práticas e de reflexão. Outro aspecto ressaltado nas entrevistas em grupo foi a produção do hipertexto, no sentido de verificar a capacidade de organização e criação coletivas.

A execução do Telescola constou de três fases semestrais consecutivas. Para a primeira fase, foram convidados os professores das áreas de ciências e matemática: duas professoras de biologia (MC e RJ), uma de química (MF), um professor (JN) e uma professora de matemática (MB). Também durante a primeira fase do projeto, instalou-se uma lista de endereços eletrônicos dos professores e pesquisadores. Esse fórum assíncrono de comunicação serviu prioritariamente ao propósito de organização do trabalho, exposição e resolução de dúvidas, troca de informações e experiências de utilização da rede. Algumas discussões temáticas também foram realizadas. Os dados extraídos do fórum serviram de base para um estudo sobre os impactos da internet e as transformações observadas na prática docente (Durán, 2003).

A realização da segunda fase do Telescola ocorreu de forma similar a da primeira fase, particularmente no que se refere ao estudo-dirigido. Cada professor-tutor passou a orientar dois professores<sup>39</sup> e os pesquisadores se retiraram da função de tutores, passando a dar suporte aos professores-tutores. Foram organizadas reuniões mensais em grupo, que contaram com a participação dos professores (tutores e aprendizes) e da equipe de pesquisadores. Ainda nessa fase, os professores-tutores e os pesquisadores se reuniam quinzenalmente para discutir o processo de tutoria. Este grupo também contou com o apoio de uma lista de discussão específica.

Na terceira fase, havendo um total de 17 professores habilitados a orientar, foi possível estender o programa para todos os professores e demais profissionais interessados. O processo de tutoria se desenvolveu de forma similar àquele

---

<sup>39</sup> Uma das professoras-tutoras orientou quatro professores.

executado na fase anterior. Nesta fase, porém, não houve reuniões face-a-face do grupo de tutores e pesquisadores; apenas o fórum eletrônico dos tutores permaneceu ativo. As reuniões mensais em grupo foram organizadas em dois períodos, devido à incompatibilidade de horários dos professores. Foram formados 40 profissionais, 37 professores e técnicos especializados (um laboratorista, uma bibliotecária e uma recreacionista) e apenas quatro professores optaram por não participar. Com exceção da área de Educação Física, todas as outras áreas estiveram envolvidas no projeto, com especial destaque para a participação do grupo do primeiro ciclo do Ensino Fundamental, que contou com a participação de 8 das 9 professoras. As duas orientadoras educacionais também tomaram parte na terceira fase do projeto.

As entrevistas formais e informais foram registradas em fitas de áudio e as entrevistas em grupo foram registradas em fitas de vídeo, que foram posteriormente transcritas. Na primeira fase foram registradas 39 entrevistas informais, 18 formais e 5 em grupo. Da segunda fase, foram obtidas 4 entrevistas em grupo e foram registradas 11 reuniões entre professores-tutores e pesquisadores. Além de oito entrevistas em grupo, a terceira fase produziu também quatro entrevistas semi-estruturadas com professores-tutores. Um grande número de questionários, mensagens dos fóruns eletrônicos e páginas Web também fazem parte do extenso volume de dados coletados entre agosto de 1998 e março de 2000. Na ocasião de desenvolvimento do projeto, nosso laboratório ainda não havia desenvolvido o sistema de captação de tela, conforme descrito no Capítulo 3.

Como nossa intenção é identificar nas falas e nas ações dos professores as evidências de como a elaboração de significados e o domínio e apropriação das ferramentas culturais estão correlacionados, e sobre como esses processos podem explicar a apropriação da internet pela escola, a seleção dos trechos de diálogos (Seqüências 5.1, 5.2, e 5.3) obedeceu em primeiro lugar ao critério de representatividade das situações de estudo-dirigido, nas quais os professores interagiram com o tutorial e com os tutores para aprenderem a usar o correio eletrônico. Para segmentar as seções de estudo-dirigido em episódios e estes em

seqüências, identificamos atos de fala que indicassem nitidamente fronteiras no movimento discursivo, observando a regularidade do padrão temático e da estrutura discursiva, e adaptando os critérios desenvolvidos por Lemke (1990) na sua análise de aulas de ciências.

O segundo critério atende ao nosso interesse em examinar mais detidamente os processos de domínio e de apropriação da ferramenta cultural pelo professores, pelo qual selecionamos trechos de reuniões em grupo (Extratos 5.1 e 5.2, e Seqüência 5.4) que nos trazem elementos para caracterizar esses processos. Nesse caso, procuramos nos pautar novamente pela representatividade dos diálogos e por uma característica observada recorrentemente nas falas dos professores, o discurso indireto. Por fim, selecionamos um episódio (Seqüência 5.5) que reúne diversas evidências de um determinado nível de apropriação da internet pela escola, no qual participam todos os professores-tutores e os pesquisadores, já na segunda fase do programa.

O enunciado, no caso dos extratos, e a cadeia de enunciados, no caso das seqüências, são tomados como unidades de análise. Em todos os casos, os enunciados são considerados nas suas dimensões situacionais, de conteúdo e das interações entre as vozes que habitam o discurso dos professores, valendo-se do princípio de que todo enunciado é uma resposta a alguma coisa, se orienta para algum interlocutor, ou seja, é um elo em uma cadeia discursiva. A análise considera, portanto, aspectos estruturais e funcionais dos enunciados, buscando situá-los no fluxo dos diálogos internos e externos, de modo a identificar as funções da fala, juntamente com as funções de outros sistemas semióticos, na elaboração de significados, na apropriação e no domínio da ferramenta cultural.

No que se refere à codificação das transcrições, o uso de reticências indica a ocorrência de trechos mais longos cujo teor é resumido na análise. O colchete é usado para indicar situações de sobreposição de atos de fala e o parêntese descreve alguma ocorrência significativa para caracterizar a ação. Aspas são usadas para identificar trechos lidos a partir da tela do computador. Extratos e seqüências estão identificados no início pela data e pelo tipo de evento do qual

foram retirados. Professores e pesquisadores são identificados por letras e seus nomes foram alterados.

### **Sobre o domínio e a apropriação da ferramenta cultural pelo agente.**

Os primeiros encontros de tutoria foram importantes para deflagrar a dinâmica das interações do estudo-dirigido e nos permitem, portanto, observar como professores-aprendizes e tutores interagiram diante do computador. Passamos então a analisar trechos de diálogos extraídos de episódios de tutoria, que por sua vez constituíram as seções de estudo-dirigido.

#### Seqüência 5.1: Tudo o que a gente viu hoje.

+Data: 11/08/98  
+Reunião informal.

1. DD: Então olha só, tudo o que a gente viu hoje. Dani?
2. MB: Dani é apelido.
3. DD: É, apelido.
4. MB: Tá.
5. DD: Hydra?
6. MB: É o subdomínio. E aqui é o domínio? (apontando para a tela)
7. DD: Isso. O que é hydra?
8. MB: É o provedor.
9. DD: Exatamente. Comercial, br. É isso aí. tá bom?
10. MB: Tá ok.

A seqüência se inicia com um ato de fala que mobiliza a atenção da professora 'então, olha só', seguido pelo anúncio da revisão do que foi visto. O diálogo entre DD e MB se desenvolve dentro de uma modalidade discursiva conhecida como IRF, na qual I corresponde ao início da troca, nesses casos na forma de uma pergunta; R refere-se à resposta; F ao *feedback* (Sinclair e Coulthard, 1975; e Mehan, 1979). Em todas as três trocas, DD, que é tutora, inicia com perguntas cujas respostas ela já conhece de antemão. Por meio do exemplo de seu próprio endereço eletrônico, a tutora pergunta, valida e corrige as

respostas da professora. Portanto, a função dessas tríades foi verificar a mútua compreensão de conceitos específicos, na forma de um exemplo, conceitos esses que servem de meio para negociar o significado de endereço eletrônico.

Nesse encontro, desenvolveu-se desde o início um estilo de interação assimétrica, na qual a professora, que ora ocupava o papel de aprendiz, respondia perguntas e era avaliada pela tutora. Observou-se que além dos enunciados verbais, gestos de indicação também sustentaram a interação entre professora e tutora. A indicação, um recurso amplamente observado nas seções de tutoria, ora foi mediada pelo gesto de apontar, ora pela seta do *mouse*. Logo após responder a pergunta da tutora, no turno 6, MB pergunta sobre o domínio, apontando para a tela do computador, em um gesto que revela sua atenção ao tutorial e dirige a atenção de ambas para a tela do computador. Em seguida, DD volta a perguntar sobre aquilo que MB já classificara como subdomínio e então obtém uma resposta que lhe satisfaz. Neste instante, a tutora adota, portanto, a estratégia de insistir na pergunta para corrigir a professora. No turno 9, a tutora qualifica o provedor como comercial e ainda se refere ao domínio 'br', em clara alusão ao tutorial. A interação é considerada assimétrica pelo fato de DD e MB estarem de acordo sobre a tutora ser fonte de referência das informações necessárias para a elaboração do significado de endereço eletrônico. No entanto, a natureza assimétrica da interação não inibe perguntas e antecipações da professora, orientadas pelo tutorial, conforme se observa no turno 6. Esse aspecto aparece em destaque na Seqüência 5.2.

### Seqüência 5.2: É isso o que vai aparecer.

+Data: 11/08/98  
+ Reunião informal

1. RJ: Tá. Então quando você clicar em nova mensagem, vai aparecer o para.
2. LH: Isso. Você vai digitar aí o endereço.
3. RJ: Tá. O clips é o quê?
4. LH: O clips é quando você vai anexar algum arquivo.
5. RJ: Quando vai anexar, tá bom. E esse aqui?
6. LH: Esse daí é o assunto. Você indica pelo assunto. O assunto normalmente você coloca uma ... você clica aqui na janelinha do arquivo, aí digita uma palavra que a pessoa

vai identificar do que se trata e daí, você clica aqui dentro, na área branca e aí você cria a sua mensagem.

7. RJ: Começa a escrever, tá. “Para. Aqui deve-se preencher com o endereço. Assunto. Pode ou não ser preenchido, mas é interessante que seja notificado a alguém”. E “caixa de texto. Onde você vai escrever”. Tudo bem. Aí o encaminhar é que está end.

8. LH: Isso.

9. RJ: “Depois de tudo pronto, clique no encaminhar. Tela de composição”. (pressiona o *mouse* e acessa nova tela). “A tela abaixo é a reprodução da tela normal para a composição de mensagens...”.

(...)

10. RJ: É isso o que vai aparecer, né?

11. LH: É isso que vai aparecer. Essa é a tela completa, onde você [vai]

12. RJ: [Ah tá, já entendi].

A Seqüência 5.2 é iniciada pela professora RJ com um movimento que direciona a atenção da tutora. Esse ato executa a função de perguntar, na medida em que RJ solicita um juízo sobre sua afirmação. Até o turno 7, observam-se três trocas IRF, nas quais a professora inicia com perguntas, mas não avalia explicitamente. Nesse caso, o movimento de *feedback* das trocas transmite à tutora a informação de que a mensagem foi recebida e compreendida. Portanto, quem detém o controle da seqüência é a professora orientada pelo tutorial, pois ela direciona suas perguntas à tutora, em conformidade com as informações veiculadas na tela do computador. Em sua resposta mais longa, LH dirige a atenção da professora para a tela de composição de mensagens, que passa então a ler o tutorial nos turnos 7 e 9. Nesses turnos, a professora assume o papel de narradora e lê informações que já foram veiculadas nas tríades anteriores. A última frase é lida já em outra página e dirige a atenção da professora para a figura que representa o ambiente de composição de uma mensagem, ou seja, a ‘tela normal para a composição de mensagens’. O efeito de mimetização do ambiente de composição, provocado pela figura, é apreendido pela professora, que tem sua percepção confirmada por meio de uma última tríade IRF (10-11-12).

Nessa interação, observam-se tríades IRF invertidas, ou seja, quem está no papel de aprendiz inicia as trocas com perguntas autênticas<sup>40</sup>, cuja função é obter respostas da tutora. Tais perguntas são fruto do diálogo entre a professora e o tutorial, pois elas são claramente *orientadas para* o entendimento de ícones e

---

<sup>40</sup> Perguntas autênticas são aquelas que o locutor não conhece a resposta de antemão, ao contrário de perguntas avaliativas, observadas na Seqüência 1.

palavras que surgem na interação com o tutorial. Durante a leitura, RJ inicia um processo de elaboração de significados apropriando-se da voz do tutorial por meio de um diálogo interno, no qual o encontro entre palavras e imagens é *orientado pela* voz do tutorial. Esse processo se estende pelos enunciados produzidos pela professora, que busca transpor para o diálogo com a tutora as perguntas encetadas na interação com o tutorial, na forma de tríades invertidas. Neste diálogo entre as agentes, reverbera-se a voz do tutorial também na tutora, que se orienta tanto pelas perguntas de RJ como pelas marcações icônicas e imagéticas do tutorial, conforme revelam os termos de indexação 'aqui na' e 'aqui dentro' no turno 6. Há, portanto, uma orientação explícita de professora e tutora pelos enunciados do tutorial, o qual determina o fluxo dos diálogos.

É em meio a essa inter-animação de vozes que professora e tutora negociam o significado de correio eletrônico, tramando uma estrutura discursiva na forma de tríades, como ocorrera entre MB e DD. Se na segunda seqüência, ao contrário da primeira, a participação da professora é ativa e determina a natureza invertida das tríades (Giordan, 2003), em ambos os casos o movimento discursivo indica que a elaboração de significados ocorre pelo domínio da voz do tutorial, pois na medida em que este orienta a atenção das agentes, seja na verbalização ou na indicação, desenvolve-se um diálogo interno entre cada uma delas e os enunciados do tutorial. Ao mesmo tempo em que opera como fator estrutural da modalidade discursiva, o diálogo interno desempenha uma importante função reguladora no processo de elaboração de significados, sustentando, portanto, a ação dos agentes com as ferramentas culturais que estão em processo de domínio e apropriação. Na próxima seqüência, a professora MC executa uma ação mediada pelo correio eletrônico, na qual é possível observar uma outra situação típica de elaboração de significado.

### Seqüência 5.3: Posso escrever com letra maiúscula ?

+Data: 12/08/98  
+Reunião informal.

1. MC: Tá bom! Agora assim, aqui para escrever, eu posso escrever com letra maiúscula, minúscula, ou é legal escrever tudo com letra minúscula?
2. NT: Exatamente. Tem os cuidados. É legal você escrever tudo com letra minúscula. Só lógico, o começo das frases, o início do parágrafo com letra maiúscula, o resto minúscula.
3. MC: E o nome da pessoa também ?
4. NT: Isso, são esses cuidados.
5. MC: Aí pode ir com vírgula ?
6. NT: Pode, normal, como se fosse uma carta.
7. MC: Humhum.
8. NT: Fica muito gritante as letras todas em maiúsculas.
9. MC: (digitando mensagem) ponto. Beijos (indicando o final da mensagem). Engraçado, ela mora nos Estados Unidos, eu escrevi pra ela (lendo a mensagem) Pode ficar assim?
10. NT: Pode. Você quer assinar? No final.
11. MC: Aí põe Carolina. Certo?
12. NT: Humhum.
13. MC: Agora eu ponho enviar. Agora eu fecho. Certo?
14. NT: Humhum. Se você tiver mais mensagens para enviar ou para responder, você vai fazendo sempre assim.
15. MC: Tá bom.... “Respondendo diretamente a mensagem”. Eu respondi. Aí, vem a questão dos cuidados.

Em sua primeira seção de tutoria, MC e NT estão diante do computador escrevendo uma ‘carta’ para uma amiga da professora, que reside em outro país. Na primeira parte da seqüência, iniciada com o marcador ‘agora assim’ e concluída com o comentário da tutora sobre o efeito gritante das letras todas em maiúsculo, negocia-se o estilo do gênero mensagem eletrônica. Elementos como organização do parágrafo, formato da letra, pontuação, cumprimentos e identidade da missivista são negociados através do diálogo e reunidos em uma ‘carta’, uma variante do gênero mensagem eletrônica que passa, portanto, a habitar o horizonte conceitual da professora. Novamente, desenvolve-se a modalidade discursiva IRF, desta vez, sem a presença explícita de *feedbacks*. As perguntas de MC têm a função de obter informações sobre a elaboração de uma mensagem eletrônica dirigida a uma pessoa de seu círculo de amizade, e encontra respostas da tutora no sentido de que seja produzido um texto.

A situação de trabalho diante do computador envolve ainda o fato de elas estarem praticando uma atividade do tutorial, cuja finalidade é exatamente escrever uma mensagem eletrônica. Nela, a professora trabalha sobre uma tela real de composição de mensagens, tendo ao fundo uma outra tela do tutorial que

exemplifica este procedimento. No turno 13, logo após enviar a mensagem, ela fecha a tela de sua caixa postal e tem novamente diante de si a tela do tutorial, cujos passos são anunciados no turno 15. A seqüência faz parte, portanto, de uma das atividades do estudo-dirigido, que leva a professora a afastar-se do tutorial e orientar-se para a ação de compor a mensagem com a ferramenta de correio eletrônico, diferentemente do que se observa na ação da Seqüência 5.2, que se realiza diante da tela do tutorial que veicula os procedimentos para composição da mensagem. Nesta ação, o diálogo com o tutorial submerge e a professora passa então a interagir com a tutora, que lhe antecipa respostas às questões sobre estilo de composição, que teriam sido apresentadas em um item preliminar do tutorial, 'a questão dos cuidados'. MC opta, portanto, por antecipar a atividade prática de escrever uma mensagem no correio eletrônico como estratégia de aprendizagem. As respostas da tutora atendem às demandas de MC, ao mesmo tempo em que se orientam para o tutorial, servindo, portanto, como elo na interação professora-tutorial. Nesse caso, a orientação do fluxo da interação produzida entre as agentes e o tutorial se dá pelas perguntas da professora MC, assim como se observou na Seqüência 5.2.

É nesse movimento de troca de interlocutores que MC passa a agir com a ferramenta cultural correio eletrônico com o propósito de se comunicar com uma amiga, ao mesmo tempo em que executa uma tarefa do tutorial. Se nas Seqüências 5.1 e 5.2, as professoras dialogavam com o tutorial e com as tutoras, nesta seqüência o ambiente de comunicação é o novo interlocutor direto da professora, com o qual ela inicia o processo de domínio da ferramenta cultural, por meio de ações externas como digitação da mensagem e execução de comandos, e por meio de ações internas como elaboração textual e seleção das opções de comando. O propósito de se comunicar com a amiga é o fator funcional destacado nesta ação mediada.

Paralelamente à interlocução com o ambiente de comunicação eletrônica, a professora estabeleceu um diálogo com a tutora e com a amiga distante no espaço, mas próxima no movimento discursivo. Esta proximidade foi provavelmente a razão do sentimento de estranheza anunciado por MC no turno

9. O diálogo interno e o diálogo com a tutora orientaram sua elaboração textual no sentido de formar uma concepção sobre a variante de gênero textual a ser empregada. É na segunda parte da seqüência, iniciada quando a professora passa a digitar a mensagem e encerrada quando ela se prepara para voltar sua atenção ao tutorial, que se tornam visíveis quatro diferentes diálogos da professora. O diálogo com a amiga está visível no turno 9, com a tutora entre os turnos 9 e 15, com o ambiente de comunicação, nos turnos 9, 11 e 13, e finalmente com o tutorial no turno 15. Portanto, além dos diálogos com o tutorial e com a tutora, visíveis também nas Seqüências 5.1 e 5.2, o processo de elaboração do significado de correio eletrônico conta com mais dois interlocutores, o endereçado e o ambiente de comunicação. Por meio desses diálogos, realizam-se ações internas e externas que, por estarem acopladas, sustentam o processo de domínio da ferramenta cultural.

No extrato abaixo, é possível identificar uma outra situação na qual antigos interlocutores ganharam nova voz e estabeleceram uma interação raramente observada nas escolas.

#### Extrato 5.1: Novos meios, novos diálogos.

- + Data 28/09/98
- + Reunião de grupo.

RJ: Aí eu falei: ah! Vou mandar um e-mail pra eles! Aí eu mandei um e-mail pra eles, falando que eu achava legal o que eles tavam fazendo ali, que eu não entendia muito bem, que eu não sabia fazer página, mas que eu tinha achado a página que eles tinham feito, tal. E aí, eles me mandaram resposta, tudo: professora RJ, eles devem saber quem eu sou, mas eu não sei exatamente quem são os meninos, né? Então achei bem legal isso. E aí, como é que eles falam? Qualquer problema pode, a gente dá uma força. Alguma coisa assim, né? Então foi legal, achei legal achar a página da escola.

O Extrato 5.1 é a parte final de uma narração, na qual RJ descreve para o grupo de professores e pesquisadores uma das atividades práticas do tutorial, cujo propósito era introduzir alguns sistemas de organização e busca de informações. Em um diretório específico sobre escolas, a professora localizou a página Web da escola que havia sido produzida em caráter experimental por dois alunos. De um modo geral, observa-se que a professora expressa contentamento por ter

encontrado a página e também por ter se comunicado com os alunos. Além do relato sobre a atividade prática com sistemas de organização e busca de informações, o elemento mais destacado do ponto de vista da estrutura discursiva é a forma usada por RJ para reportar o diálogo com os alunos.

Nesse discurso citado, a professora cita si própria para descrever sua atitude ao localizar a página, que foi a de enviar uma mensagem eletrônica, e cita os alunos para reportar a resposta deles à sua mensagem eletrônica. Como a maior parte dos discursos citados orais, o enunciado de RJ é marcado por sua entoação de voz, que distingue as vozes citadas e expressa seu contentamento. No curso da narração, ela emprega o discurso citado para analisar sua interação com os alunos, tanto do ponto de vista do conteúdo, como da forma pela qual ocorreu a interação. Sobre o conteúdo do diálogo, além de ter expressado satisfação com o trabalho dos alunos, a professora também se referiu à sua falta de conhecimento para produzir uma página Web, mas que mesmo assim, ela conseguira localizar a página. RJ faz perante o grupo uma análise da sua própria condição de aprendiz, dando visibilidade tanto às suas limitações, quanto às suas conquistas. Ao citar os alunos, ela destaca aquilo que expressa verdadeiramente uma mudança nas relações entre professora e alunos. Primeiro, o correio eletrônico é capaz de identificá-la perante alunos que ela não conhece diretamente. Segundo, os alunos se colocam à disposição para ajudá-la nas suas dificuldades com a internet. Trata-se de uma interação pouco usual na instituição escolar.

É importante observar o estilo empregado por RJ para citar os alunos, no que diz respeito ao estranhamento que se dá justamente na direção que lhe convém, ou seja, destacar a descoberta de uma nova modalidade de interação com os alunos. Esta é uma das funções do discurso citado sugerida por Bakhtin (1997, p. 163). Ao mesmo tempo em que guarda distância nítida entre suas palavras e as palavras dos alunos, servindo-se, portanto, de um instrumento perfeito para transmitir a voz dos alunos, RJ nos indica explicitamente que as relações de hierarquia são observadas na comunicação eletrônica, o que não a

impede de se colocar em uma posição de aprendiz na interação que mantém com os alunos.

Sobre o meio empregado para interagir com os alunos, é importante destacar do ponto de vista de nossa argumentação sobre o processo de domínio e apropriação de ferramentas culturais, que a ação de enviar uma mensagem foi executada durante um dos exercícios sugeridos no tutorial, enquanto a professora aplicava-se por si só ao estudo-dirigido sobre sistemas de organização e busca de informações. Assim, mesmo tendo sido motivada por fatores internos, a ação de enviar a mensagem aos alunos surgiu em meio a uma ação externa previamente estruturada e dirigida à busca de informações, cujo propósito era diverso desse novo, pelo qual se inicia o diálogo com interlocutores virtualmente desconhecidos, por meio do correio eletrônico. É, portanto, agindo com o correio eletrônico que a professora transforma o caráter da ação anterior, trocando o ambiente de informação pelo ambiente de comunicação e alterando o propósito da ação mediada. O uso do correio eletrônico em uma situação não premeditada sinaliza um novo estágio de RJ no domínio desta ferramenta cultural, no qual as operações já são realizadas com sucesso e de forma independente, e podem atender a um propósito diverso da ação que vinha sendo executada. Trata-se de um uso autônomo da ferramenta cultural, ainda que suscitada por uma ação decorrente de uma outra ação organizada pelo tutorial.

O último ato de fala desse extrato, demarcado pelo termo 'então', expressa o contentamento da professora sobre ter encontrado a página da escola durante a realização de uma das atividades do tutorial. Ao narrar sua experiência para o grupo de professores e pesquisadores, RJ relatou a comunicação que manteve com os alunos da escola, o que é um forte indício de que sua satisfação tenha resultado dessa troca de mensagens e não simplesmente da localização da página. A intercalação da voz própria e da voz citada para expressar contentamento corrobora essa hipótese. O uso do discurso citado não relata apenas o diálogo entre a professora e os alunos. Ele também nos indica que o ambiente de comunicação sustentou este diálogo. Ao empregar essa modalidade discursiva, a professora nos revelou que já sabe usar a ferramenta cultural correio

eletrônico para resolver problemas que surgem na situação e já é capaz, portanto, de planejar e realizar uma ação sem o auxílio do tutorial. Este 'saber usar' se torna mais evidente quando se observa que a referência explícita ao correio eletrônico foi feita durante a narração de sua experiência sobre o uso do ambiente de informação.

Seriam essas as situações típicas que caracterizam a apropriação da ferramenta cultural pelo agente? Nossa análise procura identificar nitidamente em quais situações o agente-usa-a-ferramenta-cultural, de tal modo que a origem dos propósitos da ação e as formas de uso dos ambientes caracterizem os graus de volição e de controle do agente sobre a ação. Certamente, seu propósito foi determinado por fatores internos e próprios. No entanto, o correio eletrônico foi usado em meio a uma atividade do tutorial, indicando que a estrutura da ação não fora completamente determinada pela professora, mas contou também com a orientação do tutorial. No extrato a seguir, analisamos uma situação na qual identificamos outros elementos que perpassam o processo de domínio do correio eletrônico e nos permite caracterizar o estágio de apropriação do correio eletrônico.

#### Extrato 5.2: Do telefone ao correio eletrônico.

+Data: 04/05/99

+Tipo: Reunião de multiplicadores

MC: Gente, vocês lembram o que eu fiz? Eu marquei, eu organizei o curso na escola, por e-mail. Assim, eu não conhecia a pessoa, no departamento de química. Praticamente foi tudo por e-mail, gente. Assim, acho que eu telefonei uma vez para ela. Primeiro contato foi por telefone, depois foi tudo via e-mail. Depois eu só fui encontrar com ela lá dentro do curso. Você acredita? Então é um exemplo assim de como é uma ferramenta super importante.

O Extrato 5.2 faz parte de uma seqüência na qual os professores, agora no papel de tutores, discutem formas de motivação para engajar os professores-aprendizes no estudo-dirigido. As formas de motivação sugeridas pelo grupo são os exemplos mais significativos de uso da internet e do computador que eles próprios vivenciaram. Até este enunciado, os exemplos tinham se referido às

possíveis experiências de interesse dos professores-aprendizes, como por exemplo, obter e organizar informações da internet. Nesse momento, MC usa o vocativo seguido de uma pergunta para mobilizar a atenção e evocar a lembrança dos colegas, com o intuito de iniciar uma argumentação que se constrói sobre um relato de experiência. O núcleo da argumentação está no fato de ela ter agendado e organizado um curso por meio do correio eletrônico, que é expresso na forma de resposta à sua pergunta retórica. Relato de experiência pessoal é uma modalidade discursiva comumente empregada para trocar informações. No entanto, seu emprego para argumentar sobre a importância da ferramenta revela uma capacidade de discernimento sobre o uso da ferramenta, que só se justifica caso a narradora esteja segura do valor e dos efeitos provocados pelas ações executadas por ambas, ferramenta e agente. A modalidade discursiva empregada na situação do diálogo com os pares cumpre uma função retórica de dar visibilidade ao domínio da ferramenta cultural correio eletrônico pela professora.

No seu relato de experiência, a professora empregou o discurso direto para se referir à comunicação com uma convidada, por meio da qual ela agendou e organizou um curso. Ela menciona ter usado dois meios de comunicação antes de encontrar com uma pessoa desconhecida. No primeiro contato, o telefone foi usado e a partir de então, as trocas ocorreram por meio do correio eletrônico. Apesar de essas mensagens serem a principal fonte de dados para se avaliar as mudanças ocorridas no processo de organização de um evento típico da escola, observa-se a partir do relato, que MC usou maciçamente o correio eletrônico para realizar uma atividade colaborativa, que até então não dispensava encontros face-a-face. É, portanto, usando a ferramenta cultural correio eletrônico que a professora dialoga com uma interlocutora externa à escola para planejar uma outra atividade que afeta diretamente sua rotina e a rotina de sua sala de aula. De seu relato é possível também depreender que o uso da ferramenta cultural ocorre de forma completamente desvinculada do tutorial, pelo menos no que diz respeito a qualquer das finalidades do estudo-dirigido. Observa-se, portanto, que a estruturação do cenário para a ação de organizar o curso foi determinada pelos propósitos da professora e de sua interlocutora, e também pelo uso autônomo da

ferramenta cultural, ou seja, sem recorrer explicitamente à interlocução com o tutorial. Nesse sentido, a substituição de encontros face-a-face, o planejamento de atividade e a estruturação do ambiente de comunicação com a interlocutora são ações executadas pela professora usando o correio eletrônico que já indiciam um estágio de apropriação dessa ferramenta cultural.

### **Sobre o domínio e a apropriação da ferramenta cultural pela instituição.**

Uma das funções mais importantes do correio eletrônico é a possibilidade de enunciação para grupos sociais diversos, o que amplia o potencial dialógico dos enunciados que circulam por meio desta ferramenta. Em termos computacionais, esta ampliação se viabiliza por meio de listas de discussão, cujo princípio se traduz na reunião de um conjunto de endereços eletrônicos em um único endereço eletrônico, adicionando tantas outras funções quanto mais se deseje sofisticar o sistema de circulação das mensagens (Giordan, 1998b). Assim, o fórum eletrônico de discussão sustenta um encontro assíncrono de vozes, por meio de locuções propagadas em mensagens eletrônicas. É a partir da análise dos relatos dos professores sobre o uso desta nova modalidade de comunicação, que passamos a identificar os elementos indiciadores dos estágios de domínio e de apropriação da ferramenta cultural correio eletrônico pela comunidade escolar em estudo. A seqüência a seguir revela um primeiro estágio desses processos.

#### Seqüência 5.4: Porque eu olho, eu leio a lista.

+Data: 31/08/98  
+Reunião de grupo.

1. RJ: Aí eu ia olhando o JN, eu falava: gente! Esse pessoal está muito avançado.
2. MC: Nem olha, nem olha, esquece.
3. MG: Olhando aonde RJ?
4. RJ: Na lista.
5. MG: Ah! na lista?
6. RJ: Na lista, porque eu olho, eu leio todos os e-mails lá da lista.
7. MG: Tá.

Esta seqüência aparece logo no início da primeira reunião do grupo de professores e pesquisadores na primeira fase do projeto. Nesse momento, RJ está contando para o grupo quais têm sido suas dificuldades com o estudo-dirigido e logo após descrever os problemas com a compatibilidade das versões do navegador, ela se refere ao desempenho de seu colega JN.

Ao citar JN, a professora usa o discurso indireto não para se referir a ele, mas a si própria, em uma evidente atitude de análise de uma situação e de seu papel na situação. RJ observa JN e compara indiretamente o desempenho do colega com seu próprio desempenho, no que é seguida por MC, que usa da ironia para respaldar sua análise. O fator mais expressivo desta seqüência, do ponto de vista do processo de domínio e apropriação da ferramenta cultural correio eletrônico, está no fato de, em sua análise, RJ ter encontrado no correio eletrônico uma ferramenta constituinte do ambiente de comunicação, a qual permite acompanhar ou, nas palavras da professora, olhar e, portanto, avaliar comparativamente seu desempenho com o de seus colegas. RJ já reconhece uma função estrutural do novo ambiente de comunicação, que é promover os diálogos interno e externo, por meio do encontro de vozes.

O fato de RJ ler todas as mensagens da lista significa que ela 'olha' os enunciados e faz desse olhar uma nova forma de sustentar interações, que já não se resumem apenas aos encontros face-a-face, como nesse em que ela relata seu diálogo interno. RJ nos revela, por meio do discurso citado, ser possível ouvir a voz do outro, por meio de mensagens trocadas por correio eletrônico, e tomá-la como elemento constituinte de seu diálogo interno. Mesmo não sendo visível nesta seqüência, RJ também já usa a ferramenta para veicular seus enunciados e alimentar assim o diálogo com outros agentes. Está posto em relevo, nesta seqüência, um fator que estrutura a elaboração de significados, a inter-animação de vozes nos planos interno e externo que é agora mediada por uma ferramenta cultural alicerçada na escrita. Portanto, na internet e no correio eletrônico em particular, as interações para elaborar significados ocorrem por meio de enunciações escritas e assíncronas, que encontram no fórum eletrônico um *locus* para congregar as diferentes vozes que as enunciam.

Até o final da primeira fase do projeto, o fórum eletrônico era usado pelos professores com propósitos majoritariamente relacionados à temática do próprio projeto. Com o início da segunda fase, um outro fórum foi instalado, reunindo desta vez os professores-tutores e os pesquisadores, com o objetivo de estender para o meio eletrônico as discussões sobre o processo de ampliação do uso da internet entre os demais professores e funcionários da escola. Na seqüência abaixo, extraída de uma reunião entre tutores e pesquisadores, pode-se identificar aquilo que consideramos o principal indício de apropriação do correio eletrônico pela escola, a instalação do seu próprio fórum eletrônico.

### Seqüência 5.5: Mas gente, é muita lista para participar !

+Data: 30/03/99

+Tipo: Reunião de tutores

1. JN: Agora essas coisas vão diminuir, porque nós, eu estava falando com a Carol né, realmente nós criamos a lista da Escola Arte-Ofício.
2. RJ: Vocês criaram uma outra lista? fora a lista, ah é !?
3. MC: Agora nós temos três, teleaplica, telescola, e ...
4. RJ: Quem está gerenciando?
5. JN: É assim, eu fiz a proposta para a Isaura, escrevi a proposta entreguei para ela, e ela encaminhou para o Mateus para ser criado no Liet, e aí o Liet, o Mateus porque tinha que ter alguém não sei o que, e me colocou como [gerenciador da lista]
6. RJ: [Mas você vai gerenciar?]
7. MF: Ai que bom.
8. RJ: Então agora a gente já pode, mas gente, é muita lista para participar !
9. JN: [Mas a]
10. MC: [Você viu como você é uma pessoa importante?]
11. JN: Mas que é assim, uma coisa é uma lista ligada a um projeto né? Que você de repente começa a falar de qualquer coisa, vira, perde os objetivos.
12. RJ: É mas essa pode ser uma lista de informes né?
13. JN: Ah! sim, essa vai ser a idéia, que essa lista substitua todos aqueles informes infundáveis que você tem no início.
14. MC: Aí a gente só vai falar assim na reunião, [leia a lista].
15. RJ: [Concordo].
16. JN: Oh! estava lá tal, você leu?
17. MC: Ah! vamos pôr a plaquinha, já imaginou, ganha um pirulito.
18. JN: Eu até coloquei para a Carol, um exemplo de utilização que é super importante, assim hoje nós temos um conselho, conselho de escola né? Mas não é todo mundo que participa [então]
19. RJ: [Sim], colocar o que aconteceu no conselho.

A Seqüência 5.5 se inicia com o professor JN anunciando a criação do fórum eletrônico da escola. O enunciado é decorrente de uma discussão sobre algumas contingências das reuniões gerais do coletivo de professores da escola, particularmente o excesso de informes. O anúncio causou euforia entre os professores, o que se verifica na entonação e nos truncamentos dos enunciados provocados pela sobreposição de atos de fala (indicados por colchetes). O fluxo do discurso é basicamente orientado por enunciações que visam agregar informações sobre as características do novo meio de comunicação da escola, que segundo os professores, cumprirá uma função complementar às reuniões gerais.

Na primeira parte da seqüência, RJ e MC estão inicialmente atentas à quantidade de fóruns já criados e logo em seguida o grupo passa a trocar informações sobre nome, endereço-eletrônico, participantes e outros detalhes do fórum, os quais foram omitidos da seqüência. O motivo da atenção com a quantidade de fóruns se revela no turno 8, no qual RJ deixa de completar uma idéia para dar vazão à sua preocupação em ter de participar de um número excessivo de fóruns de discussão. Esse ato de fala denuncia uma característica permanente do processo de apropriação de ferramentas culturais, que é o fato de haver sempre resistência de algum tipo (Wertsch, 1998, p. 54).

Na segunda parte, JN, a pretexto de se identificar como gerente da lista, relata por meio de discurso direto o processo de criação do fórum colocando em destaque a interlocução envolvendo ele, a diretora da escola e o técnico que trabalha nos serviços de informática. JN legitima sua posição de responsável pelo fórum com base em sua atitude de propor formalmente à direção a abertura do fórum, e também pelo fato de ser necessário alguém que ocupasse o papel de gerente. Tal legitimidade é reconhecida tanto por MF no turno 7, como por RJ no turno 6, que antecipa a conclusão de JN, sobrepondo-se ao final da narração do professor com uma pergunta cuja função é confirmá-lo nesse papel. A pergunta de MC no turno 10 é dirigida a JN também no sentido de respaldá-lo.

Reconhecida a legitimidade, JN passa a responder à preocupação de RJ sobre o excesso de fóruns. A partir desse momento, o grupo se concentra em

elaborar os objetivos do novo fórum, por meio da comparação com as situações desencadeadas na reunião geral e por meio de um intenso processo de negociação. Inicialmente, JN separa os objetivos dos fóruns do projeto, dos objetivos do fórum da escola que estão em processo de elaboração. Em seguida, RJ propõe a função de circulação de informes para o fórum da escola, no que é aprovada pelo colega, que identifica nesta função uma forma de inibir a prática de relatar os 'informes infundáveis'. Continuando a comparação com as reuniões gerais, os professores lançam mão do discurso indireto nos turnos 13, 14 e 16 para se referir a si próprios em um diálogo hipotético com seus pares. Essa seqüência, incluindo a ironia do turno 15, responde às críticas sobre as contingências das reuniões gerais e simultaneamente confere ao fórum uma função de difusor de informações. Uma segunda função começa então a ser discutida no turno 18, onde JN retoma o relato para se referir ao conselho de escola e à participação restrita dos professores. RJ identifica pela segunda vez outra função para o fórum que é dar voz ao conselho de escola, provavelmente por meio dos representantes.

A instalação de um fórum eletrônico constitui o primeiro marco do processo de apropriação do correio eletrônico pela escola como instituição. Não apenas como ato isolado, ou simplesmente como a organização de um conjunto de endereços-eletrônicos, a instalação do fórum é fruto da iniciativa de uma parte do coletivo dos professores, que encontra respaldo na direção da escola. Este grupo de professores, ocupando o papel de tutores no processo de formação de seus pares para o uso da internet, já consegue atribuir funções para a ferramenta cultural que afetam diretamente as relações pessoais e que permitem acesso diferenciado às instâncias de poder do coletivo. Desenha-se também uma separação nítida entre as finalidades dos fóruns de discussão do projeto e desse novo fórum, o que sinaliza para o fato de o uso do correio eletrônico ser decorrente das próprias necessidades da escola e estar, portanto, orientado pelos propósitos das ações desencadeadas dentro da instituição e não mais pelas ações do programa de formação. No seio das ações do projeto, surgem iniciativas da própria comunidade escolar. Reunidos, todos esses elementos indicam que para a

instituição escolar, a ferramenta cultural tem como função viabilizar ações orientadas pelos propósitos de um de seus grupos organizados, que são, portanto, independentes das ações do programa de formação, o que caracteriza um estágio inicial de apropriação da ferramenta cultural.

### **Sobre a elaboração de significados e a organização do ensino.**

Conforme indicamos na introdução, buscamos com esse trabalho compreender as formas como ocorrem o domínio e a apropriação de ferramentas culturais pelos professores e pela escola no curso de um programa de formação continuada. Optamos por tratar de situações específicas de estudo-dirigido e discussão em grupo, exatamente por elas conferirem visibilidade, no primeiro caso, aos processos individuais de domínio da ferramenta cultural, e no segundo caso, por indicarem os estágios de apropriação em que se encontravam tanto os professores como a escola. Nestas situações, caracterizamos o que temos entendido pela unidade de análise ação mediada, que nos serve para argumentar sobre esses processos de domínio e apropriação.

Nas situações de estudo-dirigido, verificamos a ocorrência de modalidades discursivas do tipo IRF, que tiveram tanto caráter avaliativo (Seqüência 5.1), como elicitativo (Seqüências 5.2 e 5.3). Nas Seqüências 5.2 e 5.3, as tríades se caracterizaram por serem invertidas, ao contrário da primeira em que a tutora controlou o fluxo da interação. Além dessas características, os diálogos entre professoras e tutoras desempenharam duas funções principais que caracterizaram as ações realizadas nos cenários do estudo-dirigido. Na Seqüência 5.1, o propósito visível é a negociação do significado de endereço-eletrônico, o qual está associado à função da tríade de verificar o grau de compreensão mútua entre professora e tutora, o que se realiza transmitindo informações por meio dos enunciados. Mesmo com a troca de papéis entre professora e tutora no controle do fluxo do diálogo, as tríades invertidas serviram adequadamente para transmitir informações. A diferença entre essas modalidades está no fato de o fluxo dos diálogos não ser determinado exclusivamente por quem já domina a ferramenta

cultural, ao contrário do que tem sido observado nas salas de aula, uma vez que a despeito de quem responde, o teor das respostas indica a intenção do agente em veicular seu juízo de valor sobre o tema em causa. Seguindo o princípio do dualismo funcional sugerido por Lotman (citado por Wertsch 1991, p. 73-74), é possível afirmar que uma das funções dos diálogos é obter um grau máximo de univocalidade, o que se cumpre por meio da transmissão de informações pelos enunciados.

A segunda função dos diálogos torna-se visível quando o terceiro interlocutor ganha voz nos enunciados da professora e da tutora, o que denuncia uma outra característica estrutural desse encontro de vozes, a heterogeneidade interna dos enunciados. Longe de considerar o tutorial como a voz enunciativa do significado compartilhado, ambas agentes travam diálogos com aquilo que Lotman qualificou como 'dispositivo de pensamento'. Sob esta perspectiva, os enunciados não são receptáculos ou condutores passivos, mas funcionam como um gerador e a essência do processo de geração está na interação entre estruturas enunciativas, o que Lotman comparou a um sistema semiótico em funcionamento (citado por Wertsch, 1991, p. 75). Assim, os enunciados do tutorial, bem como as das agentes, servem como dispositivos de pensamentos para as interlocutoras quando os diálogos cumprem a função de elaborar significados.

É na interlocução entre a voz do tutorial e a voz da professora que se pode melhor verificar a função dialógica dos enunciados. Nessas interações, a professora colocou em confronto sua visão de mundo e, portanto, seus significados sobre a comunicação eletrônica, com aqueles veiculados no tutorial, orientando-se pelo objetivo de aprender a usar o correio eletrônico. Para realizar as ações foi preciso que no início a professora citasse diretamente o tutorial, como na Seqüência 5.2, reconhecendo sua autoridade. Em outras situações, como a exemplificada no Extrato 5.1, a voz do tutorial já aparece infiltrada ao seu enunciado por meio de citação indireta, quando a professora relata ter dito aos alunos que encontrou a página que eles criaram, sem mencionar como ocorrera a ação. Se observamos a voz dos alunos e a análise feita pela professora naquela citação, tendo como suposto que 'a análise é a alma do discurso indireto' (Bakhtin,

1997, p. 159), podemos também ouvir a voz do tutorial reverberando na interação entre professora e alunos, já que a localização de páginas foi uma atividade estruturada pelo tutorial, e distingui-la como uma voz infiltrada no enunciado da professora. É essa infiltração que nos indica ter havido a inter-animação das vozes do tutorial e da professora durante aquela ação.

Por termos considerado atividades práticas na produção do estudo-dirigido, pudemos observar a presença dos ambientes da internet em todas as seções de tutoria, nas quais os próprios professores usaram as ferramentas culturais para realizar as ações. Tenham o navegador, nas Seqüências 5.1 e 5.2, e o correio eletrônico na Seqüência 5.3, estado presentes nos cenários das ações, ou tenham eles sido referidos direta e indiretamente nos demais episódios analisados, é fato que esses ambientes mediaram ações concretas como seleção, organização, edição, leitura, e envio de mensagens eletrônicas, bem como busca, leitura, edição e publicação de páginas Web. Para realizar essas ações, conforme também foi relatado nos Extratos 5.1 e 5.2, os agentes combinaram as funções e propriedades das ferramentas culturais com o propósito geral de se comunicar com seus interlocutores, sendo, portanto, ferramentas culturais e propósitos dois elementos determinantes da estrutura das ações. Da mesma forma, ferramentas culturais e propósitos se combinaram às tríades IRF e à citação do tutorial, determinando as estruturas dos diálogos e das ações internas.

À luz da proposição do dualismo funcional, as análises dos diálogos extraídos de situações de estudo-dirigido diante do computador e de discussões em grupo indicam que tanto a função unívoca, quanto a função dialógica dos enunciados determinaram o fluxo dos diálogos, os quais, por sua vez, sustentaram as ações mediadas por ferramentas culturais e também a elaboração de significados pelos agentes. Não nos parece útil, do ponto de vista interpretativo da elaboração de significados, separar estas funções do enunciado nas ações mediadas. Analiticamente, é possível verificar uma e outra função nas formas enunciativas externas. No entanto, é preciso ter em conta que o processo enunciativo, em seu todo interno e externo, não se decompõe em fases definidas, nas quais seja possível isolar a função unívoca de transmissão da função

dialógica de geração de significados. Nas situações de estudo dirigido e de discussão entre os professores, é visível a inter-animação das vozes que estão presentes nos planos internos e externos. É nesse sentido que consideramos os processos de domínio e apropriação do correio eletrônico pelos agentes como tendo sido determinados pela co-ocorrência de ações internas e externas, ações essas que são mediadas pelas formações enunciativas e pelos ambientes da internet e que repercutem na produção situada de significados.

Podemos discutir agora as evidências que indiciam o estágio de apropriação do correio eletrônico pela escola no curso do programa de formação continuada. O primeiro aspecto a ser considerado é o fato de o programa ter atingido praticamente todos os profissionais envolvidos em atividades pedagógicas. Ainda que a universalização do uso do correio eletrônico pelos indivíduos não explique a apropriação da ferramenta cultural pelo coletivo, o fato de os professores estarem aptos a se comunicar por esse meio é condição necessária para a instalação do fórum eletrônico. Esse é um novo espaço de encontro de vozes, que viabiliza a comunicação 'muitos a muitos', estende temporalmente as interações e é capaz de interferir em outras ferramentas culturais já apropriadas pelo coletivo, como a agenda de discussão das reuniões gerais e do conselho de escola.

Da perspectiva da ação mediada, é lícito afirmar que os propósitos de uso do correio eletrônico, suscitados pelo grupo de professores quando se criou o fórum eletrônico da escola, independem das ações de formação continuada e de pesquisa realizadas pelo programa de formação. Os novos propósitos atendem em um primeiro instante às necessidades administrativas e políticas da escola. Posteriormente, com a criação de um fórum sobre prevenção de uso de drogas na escola, a ferramenta cultural também passou a ser usada com finalidades pedagógicas, voltadas ainda a resolver problemas enfrentados pela escola com um grupo específico de alunos.

Apesar de somente a análise das ações mediadas pelos fóruns da escola poder sustentar a discussão sobre como o correio eletrônico interfere na estrutura e nos propósitos dessas ações, podemos afirmar que o processo de apropriação

da ferramenta cultural pela escola teve início quando coletivo passou a usar a ferramenta cultural com propósitos próprios da instituição, transformando o caráter das ações que já eram realizadas por meio de outras ferramentas culturais. Antes disso, apenas os indivíduos poderiam ter dominado ou se apropriado do correio eletrônico. A partir da apropriação da ferramenta pela escola, um outro estágio de apropriação é exigido dos professores, que é exatamente o de considerar os propósitos e usos da ferramenta cultural pelo coletivo na realização de suas próprias ações. Nesse sentido, ter observado que o uso do correio eletrônico transformou o caráter das ações mediadas na escola é a principal evidência da apropriação da ferramenta cultural pela instituição.

Neste ponto, queremos discutir as decorrências de se utilizar os ambientes da internet para a organização do ensino. Diversas pesquisas têm mostrado que para se construir significado na sala de aula é necessário considerar as vozes dos alunos no papel de interlocutores ativos (Coll e Edwards, 1998; de Laplane 2000, Macedo e Mortimer, 2000). Se por um lado a instalação de uma atmosfera dialógica na sala de aula abre novas perspectivas para o processo de elaboração de significados, por outro, ficamos obrigados a compreender aspectos da forma e da função dos movimentos e modalidades discursivas que se instalam na sala de aula. Dessa maneira, será possível conceber formas de planejar o ensino considerando a centralidade dos meios mediacionais no processo de aprendizagem, conforme pesquisas recentes têm mostrado (Mortimer e Scott, 2002). Os professores participantes do projeto interagiram por meio de diferentes ferramentas e de diferentes modalidades discursivas, como diálogos triádicos, diálogos triádicos invertidos, discurso direto e indireto, relatos etc, nas diferentes situações de realização e de organização do estudo dirigido. A alternância de papéis, ora como aprendizes, ora como tutores, os fez usar ferramentas e modalidades discursivas com propósitos distintos. Somente após dominar essas ferramentas é que eles passaram a utilizá-la no planejamento do ensino e passaram, portanto, a estruturar suas próprias ações por meio delas, conforme verificamos com MC na Seqüência 5.3 e no Extrato 5.2. Nossa investigação sugere que a utilização dessas ferramentas em sala de aula é necessariamente

precedida aos menos pelo domínio e possivelmente é acompanhada da apropriação da ferramenta pelo professor fora da sala de aula. Saber usar a ferramenta cultural ambiente da internet é condição necessária para tomá-la como sua própria para organizar o ensino.

Uma outra questão é sabermos qual é o grau de domínio que o professor demonstra quando passa a utilizá-la na organização do ensino. Não observamos nenhuma experiência de uso do correio eletrônico em atividades de ensino envolvendo os alunos, enquanto desenvolvemos o projeto. No entanto, observamos uma experiência de uso da ferramenta de autoria para publicação de hipertexto que teve a participação de um grupo de professores e de diversos grupos de alunos.

Conforme relatamos na primeira parte do capítulo, a Escola de Arte-Ofício é uma instituição com larga experiência de trabalho colaborativo. O estudo do meio é a modalidade de ensino que mais repercute na colaboração entre os professores e entre os próprios alunos. Na construção do hipertexto, que foi a atividade final do estudo dirigido organizada na forma de projeto, MC e MF lideraram um processo de criação coletiva a partir dos relatos de campo do estudo dirigido realizado no litoral norte de São Paulo. Nossas observações sugerem que a organização desta complexa atividade foi mediada por ferramentas culturais já apropriadas pelas professoras, como mapas conceituais. Além disso, os textos e fotos produzidos pelos alunos foram utilizados por elas para produzirem as páginas e neste caso a participação dos alunos se restringiu à co-autoria. Portanto, novamente, a ferramenta cultural foi utilizada em função de propósitos derivados do estudo dirigido e mesmo o processo de criação do hipertexto, de utilização da ferramenta de autoria em especial, esteve sob controle das professoras. Em razão destas características, não reconhecemos esta forma de uso da ferramenta cultural em um estágio de apropriação, mas sim de domínio. De todo modo, neste estágio de domínio do ambiente de autoria, as professoras já demonstraram capacidade de envolver os alunos para, talvez, avaliar suas próprias possibilidades de organizar atividades de autoria a serem realizadas pelos próprios alunos.

Apesar de a formação dos gêneros discursivos se iniciar e continuar se desenvolvendo fora da sala de aula (Rojo, 1999), é nesse cenário que ocorrem as ações dirigidas para a elaboração de significados que agregam valor científico à visão de mundo dos alunos (Candela, 1998; Wells, 1998). Portanto, se para se conhecer o mundo, não se pode prescindir da interlocução do aluno com o professor e com os materiais de apoio ao ensino, também não se pode querer cessar sua interlocução com as vozes ‘estranhas’ à sala de aula. Da mesma forma, se pressupomos o diálogo permanente com as comunidades que fazem parte do universo cultural do aluno, é necessário introduzir um nível de interlocução capaz de aproximar as vozes de outras comunidades envolvidas com a construção de significados das culturas científicas. Promover esse encontro de vozes tem se tornado uma tarefa cada vez mais complexa, especialmente por termos à disposição uma grande diversidade de meios de enunciação e estarmos assistindo a uma revolução nesses meios, que caminha na direção da convergência.

Como vimos nas seqüências e extratos analisados, diferentes modalidades discursivas sustentam os diálogos que surgem na medida em que se desenvolvem ações com o propósito de promover a apropriação da internet pelos professores. Nas situações de tutoria, nas quais o professor ocupa a posição de aprendiz, emergiram tríades avaliativas e elicitativas freqüentemente observadas na sala de aula (Edwards and Westgate, 1994, p. 125; Mercer, 1998), como ‘subversões’ dessa mesma modalidade (Candela, 1999). Se no papel de aprendizes os professores buscam tomar o controle do fluxo do diálogo, por que então não considerar que os alunos assumam esse papel em determinadas situações da sala de aula? Nesse sentido, as ações desencadeadas em um programa de formação continuada não devem servir apenas para dominar um determinado conteúdo ou alguma ferramenta cultural; são fundamentalmente oportunidades para que o coletivo de professores reflita sobre as formas de aproximação de culturas diferentes, como ocorre na sala de aula, onde a heterogeneidade e a inter-animação de vozes são fatores determinantes da elaboração de significados, tal como se apresentou para eles. Fazê-los pensar sobre a dinâmica da interação

discursiva quando organizam atividades de ensino mediadas por ferramentas culturais é um dos requisitos básicos dos programas de formação de professores.

Se a internet passa a fazer parte do cenário escolar, é preciso considerar então a forma como ela está sendo introduzida (Lacerda Santos, 2003), na medida em que as novas vozes agregadas às esferas de comunicação e de atividades das salas de aula irão interferir direta e indiretamente na dinâmica discursiva da sala de aula e, portanto, na elaboração de significados, pois esta é a marca revolucionária da internet, qual seja, dispor de ambientes pelos quais os agentes promovam a inter-animação de diferentes vozes para transformar as formas de agir da comunidade escolar. Portanto, contrariamente aqueles que advogam pela posição dialética entre os campos da informação e comunicação (Belintane, 2002), defendemos a dimensão dialógica de comunicação e elaboração de significados como a principal contribuição a ser criada pelos agentes que se apropriarem desse meio mediacional na escola. O que defendemos nesse trabalho é que a *ida da escola à internet* deve tomar como pressuposto a formação de seus professores e da equipe pedagógica dentro da própria escola, o que equivale a considerar em uma primeira fase o movimento de *ida da internet à escola*.

### **Desdobramentos: Metodologia de Ensino de Química via Telemática.**

Um dos desdobramentos importantes do projeto Telescola, que se articula com os resultados de nossas pesquisas sobre desenvolvimento de aplicativos e ambientes virtuais de ensino e sobre elaboração de significados em interações mediadas por correio eletrônico, que serão discutidos no próximo capítulo, é a criação e o oferecimento de uma disciplina *on-line* de metodologia de ensino especificamente direcionada para a utilização das tecnologias digitais da informação e da comunicação na sala de aula. Por meio dela, fazemos chegar às escolas os aplicativos e ambientes virtuais, desenvolvemos um programa que integra formação inicial e continuada de professores e desencadeamos algumas de nossas principais ações de pesquisa.

Metodologia de Ensino de Química via Telemática (MEQVT) é uma disciplina regular de graduação do Departamento de Metodologia de Ensino da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EDM-673), oferecida pela internet para estudantes de licenciatura em Química de universidades públicas do Brasil e para professores residentes na região metropolitana de São Paulo (Giordan, 2001). Criada no ano de 2001, MEQVT já foi oferecida em três oportunidades para cerca de 30 alunos e professores. Dentre os objetivos específicos da formação de professores, destacam-se: preparar os educadores para atuar nos novos ambientes de ensino estruturados nas tecnologias da comunicação e informação; iniciar o licenciando e o professor em práticas de ensino desenvolvidas em ambientes da internet, através de estágio supervisionado. Uma versão demonstrativa do ambiente MEQVT pode ser acessada em [www.lapeq.fe.usp.br/meqvt/demo](http://www.lapeq.fe.usp.br/meqvt/demo) e também no CD-ROM encartado.

O estágio supervisionado está dividido em duas modalidades, que estão articuladas aos dois módulos que formam a disciplina. O primeiro módulo trata de aspectos da organização de atividades e seqüências de ensino mediadas por hipertextos, animações simulações e vídeos, no qual apresentamos os fundamentos da teoria da ação mediada como balizadores da organização do ensino. Neste módulo, os estudantes de MEQVT criam atividades de ensino que são realizadas por alunos do Ensino Médio em laboratórios de informática de escolas. A aplicação das atividades é supervisionada pelo professores e pelos monitores da disciplina e se constitui na primeira modalidade de estágio.

A segunda modalidade de estágio é realizada pela internet, onde os licenciandos e professores orientam alunos na resolução de problemas escolares relacionados a temas da Química. Neste estágio, licenciandos e professores são preparados para participar como tutores em interações mediadas pelo computador que propiciem aos seus orientados buscar, selecionar e analisar informações, organizar procedimentos de investigação, realizar experimentos simulados, extraindo dados com o propósito de solucionar problemas propostos em sala de aula ou construídos a partir da interação.

A tônica do processo de tutoria é fornecer subsídios para que os alunos desenvolvam estratégias de resolução de problemas ou ainda estratégias que lhes permitam problematizar o mundo ao seu redor. Portanto, muito mais do que um plantão de dúvidas, o estágio supervisionado pela internet introduz o futuro professor no processo de tutoria mediada pelo computador - modalidade de interação virtual largamente empregada na educação a distância e na aprendizagem eletrônica - com vistas a prepará-lo para organizar o ensino tendo a internet como um recurso informacional e comunicacional propício ao desenvolvimento sociocognitivo dos alunos.

Esta modalidade de estágio e o módulo de ensino associado foram desenvolvidos em função dos resultados de nossas investigações sobre elaboração de significados em interações mediadas pelo correio eletrônico. O uso cada vez mais acentuado da comunicação mediada por computador nos tem levado a considerá-la como um dos eixos orientadores da formação de professores em tecnologias educativas da comunicação e informação, especialmente porque podemos ensinar e investigar aspectos da interação verbal e da elaboração de significados em situações de ensino não-presencial. São essas investigações que passaremos a considerar no próximo capítulo.

# CAPÍTULO 6

## TUTORIA PELA INTERNET: ASPECTOS DA INTERAÇÃO E DA ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS EM SITUAÇÕES DE USO DO CORREIO ELETRÔNICO



Desde o advento dos computadores pessoais no meio da década de 1970, o acesso aos principais serviços ligados à tecnologia de informação e comunicação mudou radicalmente. No entanto, a combinação de preços competitivos com a conexão entre computadores impulsionou a atração de um número significativo de pessoas no meio da década de 1990. Isso aconteceu quando a *internet* tornou-se uma palavra comum e sua associação léxica começou a tomar espaço nas conversas diárias. Hoje em dia, os três 'w' são intuitivamente ligados ao 'ponto', o que faz as pessoas reconhecerem essa seqüência como algum sítio da internet, mesmo se nenhuma outra referencia ao meio é fornecida. Por isso, a presença do léxico da internet em quase todo meio de comunicação escrito e oral pode ser considerada uma forte evidência de sua disseminação pelo mundo inteiro.

Os impactos da internet na educação têm levantado muitas questões desafiadoras. A constituição de comunidades virtuais atraiu atenção especial (Johnson 2001). Aspectos como pertencimento, presença social, escrita e meios de comunicação, afetaram a organização das comunidades de aprendizagem *on-line* (Wegerif, 1998). Devido a suas dimensões comunicativas, a internet foi usada para promover trabalhos colaborativos, mesmo quando era um projeto embrionário do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, e hoje em dia, vários ambientes colaborativos foram desenvolvidos tendo a aprendizagem como propósito (Sheremetov e Arenas, 2002; Ligorio, 2001). Particularmente, observou-se que os ambientes colaborativos melhoraram a qualidade de argumentação (Bell e Lin, 2000; Ravenscroft, 2000) quando alunos estavam envolvidos em atividade de ensino de ciência.

Se por um lado, a estrutura não-hierárquica e seu potencial para encorajar a aprendizagem colaborativa são duas características que justificam o desenvolvimento das estratégias de ensino baseadas nas listas de discussão (Cronjé, 2001), por outro lado, a diversidade de meios comunicacionais e estratégias de ensino podem prevenir a integração da internet nas práticas de sala de aula, especialmente se os professores não tiverem uma formação adequada (Dawes, 1999; Giordan, 2005). O fato de o caráter heterogêneo das mensagens

de correio eletrônico 'afetar os numerosos fatores sócio-estruturais e sócio-situacionais, os quais cercam e definem a comunicação em curso' (Yates, 1996, p. 46) traz diversas implicações para a organização do ensino e para a elaboração de significados. Mesmo sendo veiculados por textos escritos, as tentativas de caracterizar os enunciados de correio eletrônico como inerentemente semelhantes à escrita ou à fala têm se provado uma tarefa complexa (Baron, 1998), o que também adiciona novos elementos ao debate sobre como este meio de comunicação pode ser usado para finalidades de ensino e aprendizagem.

Alguns resultados de investigações sobre o uso de correio eletrônico podem nos dar uma idéia inicial do quadro que se desenha. Em dois estudos independentes, Cronjé (2001) e van der Meij e Boersma (2002) observaram que a elaboração de perguntas foi a principal estratégia comunicativa empregada por alunos em situações de estudo mediadas pelo correio eletrônico. Esse foi o mesmo comportamento que nós observamos entre alunos que procuraram espontaneamente por informações no sítio da Sociedade Brasileira de Química. Uma grande diversidade de temas da Química foi observada nas perguntas submetidas a um serviço de orientação oferecido por esta sociedade para alunos do ensino fundamental e médio. Estas perguntas, que foram organizadas em cinco categorias (Giordan e Mello, 2001), se assemelham às questões que emergem em atividades de sala de aula, como solução de problemas, pesquisas curtas e projetos de investigação.

O principal impacto da internet nas escolas está por vir. Por um lado, as tecnologias de banda larga estão encorajando o desenvolvimento de novas aplicações multimídia para visualizar e simular fenômenos, o que pode desafiar tradicionais práticas de ensino de ciências, conforme temos observado em nossos programas de formação inicial e continuada de professores. Por outro lado, na medida em que as escolas adotem as inovações comunicativas da internet, devemos observar transformações nas práticas de organização do ensino centradas nos professores. Neste sentido, o objetivo deste capítulo é examinar em detalhes o processo de tutoria organizado para auxiliar alunos a encontrar respostas para suas perguntas, uma vez que temos notado um grande potencial

dessa modalidade de ensino para incrementar nosso entendimento sobre interação discursiva e elaboração de significado. Características específicas da internet sobre as formas de comunicação e de veiculação da informação são tratadas como fatores estruturais para interpretar as interações e a elaboração de significados entre alunos e tutores.

Organizamos o capítulo em duas seções. Na primeira, realizamos uma breve revisão de trabalhos que investigaram as funções das perguntas em sala de aula, e também de trabalhos que investigaram a dinâmica das interações na sala de aula. Estas revisões nos subsidiam na análise e na discussão dos fatores estruturais e funcionais relacionados à interação mediada por correio eletrônico e à elaboração de significado entre díades de alunos e tutores. Na segunda seção, discutimos mais detalhadamente aspectos da interação relacionados às tríades IRF observadas em um episódio de tutoria.

### **Como alunos e professores interagem por meio do correio eletrônico para elaborar significados<sup>41</sup>.**

#### **A elaboração de perguntas em situações de ensino.**

Depois de um estudo extenso sobre aspectos de elaboração de perguntas em sala de aula, sobre organização curricular e evolução de pesquisas na área, Dillon desenvolveu algumas técnicas para encorajar os alunos a fazerem perguntas na sala de aula, baseado em um modelo para o processo de questionamento (Dillon, 1988a). O modelo resultou em algumas sugestões práticas para atividades em sala de aula, essencialmente baseado em uma abordagem de ensino socrática. Dillon (1988b) também contribuiu para o debate sobre elaboração de perguntas e discussão no contexto de sala de aula, através da organização de um grupo multidisciplinar para trabalhar nesse tema. Cinco extratos de diferentes salas de aula foram analisados por seis perspectivas disciplinares e por seis perspectivas pedagógicas. Com tamanha diversidade de

---

<sup>41</sup> Parte desta seção aparece em 'Tutoring through the internet: how students and teachers interact to construct meaning', (Giordan, 2004).

abordagens, uma das conclusões gerais obtidas deste estudo foi que os professores tendem a controlar as interações na sala de aula usando excessivamente as perguntas como um instrumento de poder (Wilén, 1988, p. 314).

Durham (1997) investigou as respostas mais comuns dos professores às perguntas feitas por alunos que freqüentam o que equivale ao Ensino Médio. Seis salas de aula com professores de ciências experientes foram filmadas quando eles estavam engajados numa variedade de atividades de ensino. Ela descobriu três principais atividades de ensino que extraíram a maior parte das perguntas dos envolvidos: discussão que introduzia um novo conceito, atividades de laboratório e diretivas dos professores. Embora as atividades de ensino estivessem estruturadas para encorajar os alunos a questionar, a autora observou que os professores prevaleceram no papel de questionadores na interação em sala de aula.

Perguntas classificadas como sendo de nível inferior no cenário de sala de aula também foram relatadas por Graesser e colaboradores, que investigaram sessões de tutoria e perguntas feitas sobre álgebra, envolvendo alunos de 7<sup>a</sup> série como tutorados e alunos do Ensino Médio como tutores. Os resultados mostraram que as perguntas dos tutorados foram aproximadamente 240 vezes mais freqüente nas sessões de tutoria do que no cenário de sala de aula, ao passo que as perguntas feitas pelo tutores foram um pouco mais freqüentes do que as perguntas dos professores (Graesser e Person., 1994). Em um trabalho anterior, os autores identificaram um conjunto de mecanismos cognitivos que poderiam generalizar perguntas. Eles foram classificados em quatro grupos principais, correção de déficits de conhecimento, monitoramento do conhecimento comum, coordenação social da ação e controle sobre a conversação e a atenção (Graesser, Person e Huber, 1992). Seguindo a mesma aproximação cognitiva, Otero e Graesser (2001) desenvolveram um modelo conceitual humano de fazer perguntas, que se baseava em um conjunto de regras. As regras foram obtidas a partir de atividades de leitura de texto e foram estabelecidas em um formalismo do

tipo 'se<condição>depois<ação>', o que potencialmente lhes permitiu a aplicação em simulações de perguntas feitas pelo computador.

Atividades de encorajamento da compreensão e de monitoramento da compreensão foram desenvolvidas em uma modalidade de ensino mútuo, que incluiu a elaboração de perguntas pelos alunos, entre outras práticas (Palincsar e Brown, 1984). Nesse estudo, observou-se não apenas o aumento da quantidade de perguntas, mas também observou-se que os alunos mostraram-se dispostos a elaborar perguntas mais detalhadas, explícitas e focadas, quando essa a modalidade de ensino mútuo foi aplicada. Elementos de elaboração e de contextualização puderam ser observados nas perguntas dos alunos, após algumas semanas de aplicação dessa modalidade de ensino.

Aparentemente, esses estudos supuseram que a maneira de incrementar o nível de entendimento dos alunos seria encorajando-os a fazer perguntas 'melhores'. Os autores pressupuseram que as perguntas produzidas pelos alunos eram as mesmas perguntas percebidas pelos professores e vice-versa, mas não é isso o que acontece freqüentemente nas salas de aula. O contexto da sala de aula é conhecido por ser complexo e cheio de contradições, especialmente quando os alunos estão engajados em situações de maior interatividade. Em razão disso, passamos a focar a discussão sobre a estrutura de diálogos envolvendo alunos e professores em sala de aula e como a elaboração de perguntas está relacionada a esta modalidade de interação.

### **Alguns aspectos de interação na sala de aula**

Uma típica variante discursiva da sala de aula, a qual foi descrita por Sinclair e Coulthard (1975) como tríade IRF e por Mehan (1979) como o IRA, tem explicado como aspectos como controle sobre a sala de aula, baixa quantidade de perguntas de alunos, e o papel central dos professores na elaboração de perguntas estão todos envolvidos na dinâmica de interações na sala de aula. A tríade IRF é concebida em termos da *iniciação* da interação, normalmente efetuada pelo professor, a qual extrai uma *resposta* dos alunos, que é seguida por

um *feedback* do professor. Na maioria dos casos, uma pergunta é usada para iniciar a interação e o *feedback* consiste em uma avaliação da resposta do aluno. A estrutura da tríade IRF está profundamente relacionada ao controle que o professor exerce sobre o discurso na sala de aula, tanto em termos estruturais, como em termos temáticos (Lemke 1990, p. 63). Quando o professor escolhe um aluno para responder a uma pergunta, ele controla o direito de falar na sala de aula e também controla o padrão temático através da avaliação no *feedback*, na medida em que respostas contraditórias são ignoradas e nenhuma oportunidade é dada para o aluno argumentar em favor de sua resposta. Em um sentido amplo, as tríades IRF foram apontadas como responsáveis pela produção de contexto e pela continuidade da interação verbal na sala de aula (Edwards e Mercer 1987, p. 91). Por isso, se o aluno inicia uma interação com uma dúvida, pode haver uma ruptura na estrutura clássica do IRF, o que pode levar a mudanças em toda dinâmica do discurso da sala de aula, especialmente se as interações simétricas aluno-aluno tomarem espaço, como tem sido extensamente relatado (Lemke, 1990, Mercer, 1997; Mortimer, 1998; Hogan, Natasi e Pressley, 2000; van Zee e col., 2001).

Lemke considerou o diálogo como um dos tipos mais importantes de estrutura de atividade que ocorrem nas salas de aula do ensino médio. Ele verificou que os alunos fazem perguntas para ter esclarecimento, 'para preencher um vínculo semântico necessário na cadeia para produzir sentido àquilo que foi dito' (Lemke 1990, p. 27). No entanto, em algumas ocasiões, os alunos encontraram contradições entre o que os professores falaram e o que eles estavam procurando para preencher a cadeia. Nesses casos, os alunos desafiaram o que o professor disse e eles iniciaram uma disputa sobre aquilo que Lemke chamou de padrão temático da atividade. A estrutura dessa atividade foi classificada como 'Diálogo do aluno questionador' e este foi caracterizado pelo fato de os alunos elaborarem as perguntas. Ambos tipos de perguntas, esclarecimentos e desafiadoras, tipicamente rompem a estrutura das tríades IRF. Ao passo que no primeiro caso, a pergunta do aluno não depende de sua idéia, no segundo caso, a pergunta pode conter alguns aspectos do seu raciocínio.

Depois de estudar interações nas salas de aula por vários anos, Mercer observou três principais tipos de conversa entre alunos quando estão trabalhando juntos em atividades estruturadas. A conversa exploratória foi reconhecida como o tipo mais produtivo de interação para desenvolver o raciocínio dos alunos. Baseando-se em análises de diálogos, ele propôs um conjunto de regras básicas para encorajar a conversa exploratória, e a regra 'perguntas sobre as razões' foi sugerida aos alunos como parte de uma estratégia para aumentar a qualidade das interações (Mercer, 1997). Extratos selecionados da interação da sala de aula mostraram um alto índice de perguntas de alunos, que foram usadas para extrair opiniões e também para perguntar sobre as razões (Mercer, Wegerif e Dawes, 1999).

Enquanto a discussão entre pares tende a ser mais exploratória e generativa, a intervenção do professor nas atividades em grupo reduziu em três vezes o número de perguntas de alunos (Hogan Natasi e Pressley, 2000, p. 401). Essa foi uma forte indicação do papel diretivo desempenhado pelos professores como questionadores, já que os autores puderam relacionar a presença do professor no grupo com o pequeno número de turnos de diálogo necessário para se conseguir um alto nível de raciocínio. Grupos que formularam mais perguntas também usaram um maior número de turnos de diálogo para elaborar significados. Neste sentido, os autores consideraram a discussão guiada pelo professor como um meio mais eficiente de atingir níveis mais altos de raciocínio e melhor qualidade de explicação.

Van Zee e colaboradores (2001) examinaram alguns fatores que encorajaram o questionamento dos alunos durante diálogos. Uma vez que em suas investigações, as atividades de ciências foram estruturadas para seguir uma aproximação do tipo discussão guiada, a organização da estrutura dos discursos que extraiu explicitamente perguntas dos alunos provou ser um dos fatores mais importantes para suscitar perguntas. Uma das estruturas empregadas foi nomeada KWHL<sup>42</sup>, no qual o professor pergunta aos alunos o que eles já 'sabem' sobre um tópico, o que eles 'desejam saber' sobre o tópico, 'como' eles poderiam

---

<sup>42</sup> KWHL é acrônimo de *know, wonder, how e learnt*.

descobrir, e finalmente o que eles ‘aprenderam’. Tempestades mentais (ou *brainstorming*) e o convite às perguntas também foram estratégias importantes. Além do fato de os alunos mudarem a maneira de falar, outro aspecto relevante foi observado no seu engajamento em discursos práticos, que facilitaram a aprendizagem de seus colegas.

Em um estudo de caso comparativo, verificou-se a melhoria da qualidade do debate e do engajamento do aluno quando papéis específicos de audiência, como oradores e relatores, foram atribuídos aos alunos (Herrenkohl e Guerra, 1998). Os relatos dos alunos após as atividades práticas de ciência geralmente aumentaram seu nível de comprometimento, na medida em que eles expunham seus próprios descobrimentos e explicações. Entretanto, eles podem não se envolver em uma interação realmente ativa se a audiência é limitada ao professor, ou seja, se os oradores do grupo endereçam seus enunciados ao professor. As autoras desenvolveram um modelo para aumentar o comprometimento dos alunos que incluiu quadro de perguntas, as quais foram elaboradas pelos próprios alunos com o intuito de encontrar formas para validar os relatos dos outros grupos e para dar suporte aos oradores na articulação de suas explicações. Este quadro, construído com aproximadamente 40 perguntas diferentes, serviu de andaime para os alunos que o usaram menos freqüentemente com o passar do tempo, até dispensá-lo. Neste estudo, a elaboração de perguntas foi usada como um ‘artefato’ para suscitar debates autênticos na sala de aula e para promover o engajamento dos alunos.

Herrenkohl e Wertsch re-visitaram o mesmo cenário de pesquisa discutido acima e concluíram que papéis sócio-cognitivos, como por exemplo ‘oradores’ e ‘audiência’, são eficazes para encorajar a apropriação e o domínio de ferramentas culturais relacionadas ao raciocínio científico (Herrenkohl e Wertsch 1999, p. 432). Como um tipo de ferramenta cultural usado por agentes, a linguagem falada está rigorosamente relacionada a aspectos de comunicação e do raciocínio em atividades de sala de aula. Nesse estudo, os autores observaram que os alunos no papel de audiência fizeram perguntas para esclarecimento, por meio das quais eles extraíram re-elaborações dos oradores sobre suas predições e teorias e

sobre as evidências recolhidas. A elaboração de perguntas também teve valor no monitoramento da compreensão dos alunos e no reconhecimento da diversidade de alternativas para interpretar as observações. A pergunta foi considerada um tipo de ferramenta cultural, que mediou a comunicação e o raciocínio dos alunos em atividades estruturadas. O domínio e a apropriação das perguntas, além de outras ferramentas culturais, provaram ser um objetivo importante nas aulas de ciências, uma vez que elas foram correlacionadas ao aumento da qualidade da comunicação e do raciocínio científico.

Outro exemplo do processo de domínio das perguntas como uma ferramenta cultural, foi observado em diálogos entre alunos enquanto eles estão discutiam aspectos da teoria corpuscular da matéria (Mortimer, 1998). Supondo que a sala de aula é povoada por diferentes vozes, Mortimer usou três aspectos de dialogo para mostrar como o entendimento dos alunos sobre o modelo atômico clássico é construído por relações entre energia, movimento e arranjo de partículas em diferentes estágios de agregação, ou seja, gasoso, líquido e sólido. Em um primeiro momento, a pergunta do professor 'como a energia está relacionada ao movimento das partículas?' foi revozeada por um aluno para iniciar a seqüência. Enquanto os alunos estavam negociando a relação direta entre energia e movimento, eles buscaram compreender quais características distinguiam os gases dos sólidos e líquidos. No meio da mesma seqüência de diálogo, o aluno, que tinha refeito a pergunta do professor no início da seqüência, apresentou uma pergunta diferente, 'por que seu (do gás) movimento é maior que o dos sólidos e líquidos?'. Nesse caso, o aluno tentou guiar o dialogo usando a pergunta como uma típica ferramenta cultural para extrair opiniões. Neste sentido, esta segunda pergunta pode ser considerada uma pergunta autêntica na medida em que ela focou relações casuais e comparativas, as quais foram a principal preocupação dos alunos ao longo do episódio. Estas duas formas de questionamento indiciam que os alunos *aprenderam como usar* as perguntas com diferentes propósitos e é isto o que caracteriza o domínio desta ferramenta cultural.

Resumindo os resultados desses estudos, podemos dizer que os professores tendem a controlar excessivamente as discussões por meio de perguntas enquanto eles desempenham o papel de questionadores nas interações de sala de aula. Eles empregam uma estratégia discursiva típica, a tríade IRF, para tomar o controle sobre as interações de sala de aula em ambos sentidos, estrutural e temático. Na tentativa de subverter esta variante discursiva, os alunos elaboram perguntas de esclarecimento e desafiadoras, nas quais podem mudar toda a dinâmica de interação na sala de aula. Quando trabalhadas em grupo, regras práticas, como questionar as razões, melhoraram as habilidades de diálogo entre os alunos. O processo de domínio de perguntas como uma ferramenta cultural é particularmente útil para descrever o todo da ação realizada nas situações de sala de aula.

Tendo em vista este quadro desenhado a partir de pesquisa realizadas na sala de aula, passamos a descrever e analisar como os alunos fazem perguntas e interagem com o professor em um ambiente de tutoria, que foi inicialmente desenhado no meio da década de 1990. O inusitado desta pesquisa é o fato de as interações entre alunos e tutores terem sido mediadas pelo correio eletrônico. Em um primeiro momento, o serviço de tutoria veiculado na Web é descrito e a metodologia para coleta e análise de dados é apresentada. Após, analisamos dois episódios e discutimos os resultados em termos da estrutura da interação e de como o significado é construído.

### **O serviço de tutoria pela internet.**

Desde o início dos anos 1990, o sítio da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) tem sido visitado por alunos que procuravam por assistência para realizar suas tarefas escolares. Em uma tentativa de suprir essa demanda espontânea, o Serviço de Tutoria pela Internet (Orienta) da SBQ foi sistematicamente oferecido desde Outubro de 1996 até início de 2002. O primeiro passo para o oferecimento do serviço foi o recrutamento de um grupo de professores de química, que procuraram estimular os alunos por meio de diálogos, numa tentativa de lhes

oferecer um canal permanente de comunicação. O professor, atuando como um tutor, deveria identificar o principal propósito da pergunta e depois sugerir ao aluno uma estratégia para respondê-la. Os alunos foram aconselhados a navegar em páginas específicas da internet, ler material impresso, e realizar experimentos de ciências simples e observações de fenômenos correlacionados. Todas as estratégias tiveram a intenção de estimular o diálogo e fornecer sugestões, que poderiam guiar o aluno através da elaboração de sua própria resposta.

A interação entre tutor e aluno começou com o aluno respondendo a um questionário que foi hospedado em uma página da internet. Depois disso, todas as correspondências foram trocadas por correio eletrônico. O questionário era composto por três blocos, com um total de 15 perguntas – sete sobre o aluno, quatro a respeito do uso da internet e quatro sobre a opinião do aluno a respeito da disciplina escolar de química. O objetivo do questionário era obter um conjunto de informações sobre o aluno e simultaneamente ‘ouvir’ sua pergunta. Com o volume de informações coletadas pelo serviço de tutoria, projetamos um perfil do usuário, cujos resultados foram relatados em um outro estudo (Giordan e Mello, 2001).

Os perfis individuais dos alunos provaram-se muito úteis em suprir os tutores com um contexto inicial aproximado para elaborar a estratégia de orientação. Como nós partimos da perspectiva de que o significado não se adere a um enunciado isolado, mas que ele emerge da interação e de formações enunciativas relativamente estabilizadas, tentamos tratar a resposta ao questionário como um elo na cadeia enunciativa para nos auxiliar a criar o contexto e situar a interação. O domínio dos alunos sobre as formações enunciativas foi inicialmente avaliado em termos de suas opiniões sobre a disciplina de química, por exemplo, o que eles gostavam e não gostavam, e o que eles consideravam fácil e difícil. Informações a respeito da identidade do aluno, como nome, idade, sexo, série escolar, cidade de residência, e também sobre o estilo composicional da pergunta foram usadas pelos tutores para desenvolver o diálogo, assumindo que todas essas características idiossincráticas deveriam modelar a interação. Para contextualizar situacionalmente o aluno, as perguntas

do questionário e o espaço para elaborar a pergunta foram apresentados em um formulário cuja abertura continha uma mensagem de boas vindas, relatando a disponibilidade do professor para auxiliá-lo a encontrar os caminhos para responder a pergunta. Assim, o aluno iniciou a interação pelo preenchimento do formulário que foi enviado ao tutor que, a partir das informações, elaborou uma estratégia para fornecer uma primeira resposta.

Para cumprir os objetivos de analisar a estrutura das interações de tutoria e identificar os elementos usados no processo de elaboração de significado, dois episódios foram escolhidos dentre mais de duzentos. Em um primeiro momento, classificamos esses episódios em cinco categorias, de acordo com o motivo das perguntas. Por exemplo, na categoria *problematização*, o aluno estava tentando resolver algum problema específico e ao mesmo tempo ele indicava alguma estratégia para resolvê-lo. A pergunta a seguir é um exemplo desta categoria:

‘Eu gostaria de saber por que a densidade do gelo é mais baixa que a densidade da água, minha dúvida é que já que ambos são água a diferença é de que um é líquido e o outro é sólido’. (Aluno do ensino médio)

O segundo tipo de pergunta, que supriu elementos para iniciar o diálogo entre tutor e aluno foi classificado como *contextualização*. Os fenômenos químicos do cotidiano e o uso do conhecimento químico para entender fenômenos científicos complexos foram a motivação das perguntas classificadas nesta categoria. Do total de episódios, apenas 2% foram classificados como *problematização*, e 8% foram classificados como contextualização (Giordan e Mello, 2001). Entre essas categorias, dois episódios foram selecionados por satisfizerem os critérios de continuidade da interação, de visibilidade do processo de elaboração de significado, e por terem se mostrado como tentativas bem sucedidas de satisfazer o objetivo inicial do aluno. Nesses termos, os episódios selecionados são aqueles representativos entre os bem sucedidos nessas categorias.

Para os nossos propósitos analíticos, cada mensagem eletrônica foi considerada como um enunciado e elas foram analisadas de acordo com as funções realizadas em um todo da interação. As análises consideraram três

aspectos principais que dizem respeito à situacionalidade, à estrutura e ao conteúdo dos enunciados. Os textos foram transcritos tais como aparecem nas mensagens, depois de termos eliminado os cabeçalhos e alterado os nomes dos alunos, tutores e escolas. As páginas Web foram apenas numeradas em relação à ordem de apresentação, sem indicar o endereço URL. Nós preservamos todas as formas lingüísticas, como abreviação, saudação, pontuação, numa tentativa de representá-las da forma mais próxima possível aos originais.

### **Primeiro episódio: planejando uma tarefa**

No primeiro diálogo, Raq é uma professora que estava iniciando seu trabalho como tutora no serviço de tutoria. Den é uma aluna do segundo ano do Ensino Médio, que estava procurando por assistência para realizar sua tarefa de escola, depois de já ter procurado por informações em uma enciclopédia. Além da enciclopédia que foi mencionada em um primeiro enunciado, outras fontes de referência foram páginas da internet e as mensagens eletrônicas da tutora. Em termos quantitativos, a extensão média dos enunciados da tutora foi maior que a extensão dos enunciados da aluna, que normalmente alcançavam entre três e quatro linhas, exceto o último.

Os elementos de interação e de conteúdo desse diálogo estão espalhados e incluídos dentro de todos os enunciados. A ocorrência simultaneamente de tríades IRF, que pode ser considerada uma conseqüência da multifuncionalidade dos enunciados e também da natureza condensada das mensagens eletrônicas, conduzem-nos a desdobrar o episódio em três seqüências. Esse procedimento analítico provou-se útil para caracterizar os padrões temáticos e estruturais de todo o episódio, já que ele nos indicou claramente a ocorrência de oito IRF completas e três IR(F) incompletas, e também nos indicou como estas tríades contribuíram para a elaboração de significado. A Tabela 6.1 mostra como os elementos das tríades estão distribuídos em meio aos enunciados em cada seqüência.

Tabela 6.1: Distribuição das tríades IRF entre os enunciados de cada seqüência.

	A1	T2	A3	T4	A5	T6	A7	T8	A9	T10	A11
S1		I <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	F <sub>c</sub>	I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> /I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>		
S2	I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>	I <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>		I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>
S3		I <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	F <sub>c</sub>					I <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	F <sub>i</sub>
								I <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	F <sub>c</sub> /I <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>

A e T se referem aos enunciados da aluna e da tutora, respectivamente; sub-índices *i* e *c* se referem às tríades invertida (iniciadas pela aluna) e clássica (iniciadas pela tutora).

Uma característica distintiva desse episódio é que a maioria dos enunciados começa e termina com saudações, já que todas as mensagens foram tomadas por um sentido protocolar de promover a familiaridade entre aluna e tutora, conforme pode ser visto na Seqüência 6.1. Nos turnos 19 e 20, aluna e tutora anunciaram respectivamente suas intenções de participar da sociedade e de aceitar uma nova associada, o que pode ser visto como uma tentativa de compartilhar uma identidade comum. Esse sentido de comprometimento entre aluna e tutora também esteve visível nos enunciados 5, 6, 7, 8 e 9, no qual o endereço de uma página Web foi corrigido. Além de saudar, informar, reconhecer e questionar, outras funções típicas expressas nos enunciados da aluna e da tutora foram responder e avaliar. A primeira tríade IRF visível forma-se nos enunciados 2, 3 e 4 – turnos 15, 19 e 20 – e sua função foi promover o engajamento. Duas outras tríades IRF também puderam ser vistas nessa seqüência – enunciados 5, 6, 7, 8 e 9 – e elas foram formadas para corrigir um endereço URL. Nesse caso, a aluna inicia ambas as tríades.

Seqüência 6.1: Adquirindo comprometimento.

Tutora (2):

15. Qualquer duvida, volte a nos contactar, ok?

Aluna (3):

19. Abracos da nova "socia", Den"

Tutora (4):

20. “Olá Denise, seja bem vinda à nossa Sociedade Brasileira de Química! Que bom que vc gostou dos textos sobre feromônios.

21. Eles lhe foram úteis?

Aluna (5):

29. “Ola Raq. Obrigada por ter me enviado os textos! nao consegui abrir o primeiro deles, acho que o endereco

30. deve estar errado.> os textos de feromonios foram muito uteis.

31. Abraços, Den”

Tutora (6):

32. “Oi Den, voce tinha razao, o endereço correto é:

33. URL3-corrigido

34. Vê se não some, viu?

35. Abraço”

Aluna (7):

36. “Oi R. Como vai?Eu nao consegui acessar o endereço novamente, nao sei o que esta ocorrendo.

Tutora (8):

47. Obs: continue tentado, o endereço que lhe enviei é este mesmo, provavelmente o servidor não estava funcionando quando

48. você fez o acesso.

Aluna (9):

59. ps.:consegui acessar aquela pagina que eu nao tava conseguindo entrar, mas os textos sao muito complicados!

No total, cinco das oito tríades IRF completas foram iniciadas pela aluna, o que não é um padrão típico de comunicação em interações aluno-professor. As razões para essa ‘subversão’, podem estar associadas à natureza não-hierárquica do meio, ao objetivo do serviço de tutoria ou também ao propósito da aluna. Entretanto, nesse ponto, é importante considerar como essas tríades promovem a continuidade de toda a interação e como elas sustentam à elaboração de significado.

Na Seqüência 6.2, a aluna inicia a primeira tríade IRF solicitando informações nos turnos 1 e 2. A resposta da tutora aparece veiculada nos turnos 13 e 14, nos quais ela sugeriu a estratégia de pesquisar nas páginas da internet. Vale notar que nos turnos prévios, a tutora estava tentando centrar o foco em um assunto específico, o que foi sua primeira contribuição com respeito à elaboração do significado de química nos animais, uma vez que ela se referiu a ‘um assunto muito interessante’, especificamente sobre insetos. A aluna então, veiculou sua resposta nos turnos 17 e 18 na forma de uma avaliação positiva, que foi seguida

por uma eliciação da tutora entre os turnos 20 e 21. Nesse ponto, a tutora tomou controle da interação, na medida em que ela fez um pergunta aberta que deveria ser respondida pela aluna. No entanto, a resposta da aluna no turno 30 não foi seguida por qualquer avaliação ou resposta geral da tutora, o que constitui uma IR(F) incompleta. Ao invés de uma resposta, a tutora veiculou a correção do endereço URL no enunciado 6, como indicado na Seqüência 6.1. Nesse caso, a continuidade de toda a interação foi mantida por uma tríade IRF realizada para corrigir o endereço URL, através dos enunciados 5, 6 e 7.

Se considerarmos o propósito da aluna no início da interação, ou seja, conseguir informações sobre a química dos animais, é aceitável que ela pretendeu realizá-lo ao final do turno 36 e no turno 37, o que se deu pela solicitação de uma segunda informação específica (a primeira é visível na Seqüência 6.3). A aluna retomou o controle da interação fazendo uma pergunta e assim iniciou uma nova tríade IRF. Entretanto, ela focou-se nos efeitos de uma substância bem conhecida sobre o organismo. Na resposta, turnos 40 a 42, a tutora usou sua estratégia favorita, ou seja, fornecer informações sobre endereços de páginas Web. De fato, ela escolheu um tópico específico discutido em uma página Web, e fez uma pergunta à aluna, na tentativa de eliciar sua opinião sobre os benefícios do álcool para a saúde. Assim a resposta da tutora foi uma combinação entre uma pergunta e uma resposta, o que sinalizou suas intenções de retomar o controle sobre a interação. Nenhuma evidencia explícita do *feedback* da aluna foi encontrada na seqüência. De fato, a aluna iniciou uma outra tríade queixando-se sobre a dificuldade de entender alguns textos encontrados na internet. Em sua resposta veiculada nos 61 a 63, a tutora reconheceu a dificuldade da aluna na compreensão de informações. A estratégia empregada pela tutora para dar continuidade à interação foi oferecer assistência e sugerir que a aluna fizesse perguntas.

### Seqüência 6.2: Disputando o controle

Aluna (1):

1. “Ola Tenho que fazer um trabalho sobre a quimica nos animais, achei algumas coisas na Barsa, e
2. gostaria de ver se vcs nao possuem textos, informacoes, fotos, enfim, qualquer coisa a respeito para me enviar

Tutora (2):

10. Há um assunto bastante interessante
11. que envolve o conhecimento químico e os animais, mais especificamente, os insetos. Trata-se dos feromônios,
12. substâncias voláteis produzidas pelos insetos e que tem funções importantes na vida destes pequenos seres.
13. Sugiro que consulte dois textos sobre este assunto na rede:
14. URL1 e URL2

Aluna (3):

17. Achei muito interessante o texto sobre o
18. Feromonios sexuais.

Tutora (4):

20. Que bom que vc gostou dos textos sobre feromônios.
21. Eles lhe foram úteis?

Aluna (5):

30. os textos de feromonios foram muito uteis.

Aluna (7):

36. Gostaria
37. de saber se vc nao tem informacoes, sobre as alteracoes ocasionadas pelo alcool, por exemplo, no organismo.

Tutora (8):

40. Em relação ao álcool, posso lhe sugerir alguns sites:
42. URL5, URL6, URL7, URL8
43. Você notará que a maioria deles relaciona os efeitos do álcool e suas consequências ao dirigir. Será que o álcool produz algum
44. benefício sobre nossa saúde? Pense sobre isto para discutirmos, ok?

Aluna (9):

51. incluindo, claro o ser humano. Eu estou procurando quase que diariamente na Internet sobre bioquimica,
52. e assuntos ligados a esse, mas estou com muita dificuldade. Alguns textos que eu encontro são
53. muito complexos e complicados, eu nao entendo nada do que esta escrito.

Tutora (10):

61. Você comentou que os textos que encontra são complexos e complicados.
62. Quem sabe posso ajudá-la a entender alguns destes textos? Me indique-os e formule perguntas
63. para que possa orientá-la melhor. COLOQUE-ME SUAS DÚVIDAS.

Aluna (11):

72. Quando eu falei de um texto complicado estava me referindo ao do endereço da PUC.
73. Eu não entendi quase nada porque as informações encontram-se em forma de esquema, o que
74. dificulta bastante. Se fosse em forma de texto, propriamente dito, a compreensão seria
75. mais fácil.

Como mostrado na Seqüência 6.3, a disputa pelo controle da interação também está relacionada à disputa pelo padrão temático. Quando a tutora disse que não estava certa sobre o quê a aluna se referia, ela estava, na verdade, convidando a aluna a reformular sua questão, e assim iniciou-se uma outra tríade. Uma vez que a informação fornecida pela tutora – turnos 12 a 14, na Seqüência 6.2 – não cumpriu sua função inicial, a aluna replicou perguntando por informações sobre respiração, digestão e reprodução, depois de considerar a abrangência do assunto anunciado pela tutora nos turnos 6 a 9. Nesta replica, a aluna fez sua primeira tentativa de focar a interação em assuntos de seu interesse, ou seja, o processo biológico. No seu *feedback*, a tutora negou auxílio e sugeriu à aluna que procurasse um bioquímico para ajudá-la. Como a tutora ofereceu padrões temáticos alternativos, fenômenos e moléculas da vida, o padrão temático focado no processo biológico submergiu e voltou à tona apenas quando a aluna iniciou outra tríade, informando sua intenção de visitar o Departamento de Bioquímica na universidade, o que foi veiculado no enunciado 9 entre os turnos 55 a 57. Em sua resposta a tutora aconselhou a aluna ‘levar dúvidas e perguntas’ quando ela visitasse a universidade. A aluna confirmou então o arranjo para a visita nos turnos 68 e 69. Portanto, esse conflito de interesses entre aluna e tutora com respeito ao foco do assunto constitui um outro movimento em direção à elaboração de significado.

A última seqüência de tríades IRF foi iniciada pela tutora no enunciado 8, como uma tentativa de trazer de volta o propósito inicial da aluna. A resposta da aluna considerou alguns aspectos de sua estratégia de encontrar informações e também o assunto ‘química nos animais’. No movimento através dos turnos 53 a 55, a aluna declarou seu entendimento sobre química nos animais, o que foi reconhecido pela tutora em seu *feedback*, enquanto a tutora seguiu extraindo informações e propondo uma tarefa. A réplica para essa elicitación se estendeu pelo enunciado 11. Primeiro, a aluna descreveu sua tarefa escolar, entre os turnos 62 a 72, de forma bastante genérica. E finalmente, nos turnos 75 a 80, ela anunciou um roteiro para realizar sua tarefa escolar, que continha alguns assuntos

discutidos ao longo do episódio e que pode ser considerada uma expressão para o significado de química nos animais.

### Seqüência 6.3: Negociando a química nos animais

#### Tutora (2):

6. A química nos animais é um tema bastante amplo. Temos um ramo da química,
7. a bioquímica, que se preocupa com os processos químicos nos seres vivos. Poderíamos falar nos
8. elementos essenciais para a nossa alimentação e as consequências de sua deficiência ou excesso, ou ainda
9. discutir as transformações químicas que ocorrem na respiração dos animais, só como exemplo.
10. Não sei a que você se refere quando fala em química nos animais.

#### Aluna (3):

18. Gostaria de saber se você possui artigos sobre a respiração, digestão, reprodução, etc.

#### Tutora (4):

21. Eles lhe foram úteis? Há dois sites interessantes sobre a química das
22. "moléculas da vida". Estes estão em português, há outros também interessantes,
23. entretanto em inglês ou espanhol.
24. URL3 e URL4.
25. Sobre digestão, ..., reprodução, não é a nossa área. Se você deseja saber mais sobre a
26. química destes processos sugiro que procure um farmacêutico bioquímico, é o
27. profissional mais indicado.

#### Tutora (8):

39. "Olá Denise, que bom que nossos encontros estão se tornando cada vez mais frequentes. Estas dúvidas que você tem são pessoais ou
40. para algum trabalho de escola? De qual disciplina?

#### Aluna (9):

49. Minhas dúvidas são para um trabalho do meu colégio. É da disciplina de Química. O assunto é "a química nos
50. animais". Eu achei algumas matérias em revistas sobre os mais variados assuntos
51. que ligam a química e os animais, (...)
53. Alguns assuntos pelos quais eu estou procurando
54. é a cafeína (como ela age com o corpo humano), álcool, drogas, pois todos no final acabam envolvendo
55. a química. Semana que vem estou planejando ir na Universidade daqui, na parte de Bioquímica ver se acho
56. alguma coisa que eu possa aproveitar. É quase certeza que sim, pois o professor indicou para ir
57. lá!

#### Tutora (10):

64. Sugiro que quando visitar o Departamento de Bioquímica na Universidade, procure levar dúvidas e perguntas
65. para que possa tirar melhor proveito de sua pesquisa, ok? Notei que está interessada nos processos
66. bioquímicos de determinadas substâncias (álcool, cafeína, drogas) e suas consequências para nossa saúde.

67. É este o roteiro de seu trabalho escolar? Se não, que tal elaboramos um?

Aluna (11):

68. Esta semana já está certo que irei na Universidade, no departamento de Bioquímica. Depois

69. escrevo contando o que achei lá. O meu trabalho não tem um roteiro, digamos, fixo, eu posso falar

70. sobre tudo que envolva a química nos animais, desde os processos como digestão, respiração, até

71. como álcool, cafeína, etc, agem no nosso organismo. Não posso esquecer dos animais irracionais

72. que também fazem parte do trabalho.

75. Voltando ao roteiro que você falou eu fiz mais ou menos isso:

76. -1º um pouco de história, a origem dos estudos nesse campo;

77. -2º colocarei os processos, como digestão...;

78. -3º comentarei todas as informações, relacionadas aos seres humanos;

79. -4º falarei dos animais irracionais, incluindo os textos sobre feromônios;

80. -5º conclusão;

81. Não sei se era a isso que você se referia, mas tudo bem!

Resumidamente, a análise desse episódio revela a multiplicidade de funções que cada enunciado pode transportar quando ocorrem interações de tutoria na internet. Estas funções são responsáveis pelo todo da estrutura do diálogo, que é basicamente modelada por tríades IRF. Por sua vez, essas tríades são responsáveis por manter a continuidade do diálogo desde o ponto de vista da interação, e também são responsáveis pelos movimentos de elaboração do significado. Neste sentido, tutora e aluna substituem alternadamente uma à outra nos papéis de elicitar e replicar, o que é característico de um padrão estrutural de interação menos rígido. A partir da perspectiva de análise de conteúdo, a disputa entre aluna e tutora por aquilo que Lemke (1990) chamou de 'padrão temático' se espalhou por todo o episódio. Além da informação obtida por meio das tríades, a aluna ao final produziu um roteiro para sua tarefa escolar, que continha alguns assuntos discutidos ao longo do episódio e que pode ser considerada uma expressão para o significado de 'química nos animais'.

## **Segundo episódio: modelando ligações químicas**

O segundo episódio envolveu um aluno que morava em uma cidade pequena do interior do estado e estava cursando o primeiro ano do ensino médio, e um professor que já era um tutor experiente no serviço de tutoria. Apenas cinco longos enunciados foram produzidos para alcançar o propósito inicial do aluno. Um aspecto importante do contexto situacional desse episódio é o fato de a pergunta que motivou a interação ter surgido de uma situação de sala de aula, o quê foi anunciado nos turnos 3 e 4. O aluno foi ao serviço de tutoria porque não ficou satisfeito com a resposta do professor para sua pergunta. Essa informação foi usada pelo tutor para preparar sua estratégia, já que nenhuma resposta direta foi veiculada. Em lugar da resposta, o tutor propôs um 'experimento de pensamento' pouco usual, conforme se verifica na Seqüência 6.4.

### Seqüência 6.4: Vamos pensar sobre um experimento

#### Aluno (1):

3. Estou presentemente estudando ligacoes quimicas. Quando o Professor falou a respeito de ligacoes entre moleculas, citando a ponte de hidrogenio, fiz uma pergunta que ele nao soube responder de uma maneira que me deixa-se satisfeito.

#### Tutor (2):

12. Sobre sua questao, vamos tentar pensar num experimento que pudesse comprovar a sua hipótese

13. sobre a troca de atomos de hidrogenio entre moleculas de agua que formam pontes de hidrogenio.

Em seu último enunciado, o aluno usou um papel e um lápis e desenhou um esquema, que foi digitalizado e enviado por correio eletrônico (Seqüência 6.8). Desenho não era um tipo comum de representação empregada pelos alunos em sua comunicação com os tutores, no entanto, a característica mais peculiar desse episódio foi o intervalo de tempo entre o segundo e o terceiro enunciados. Mesmo o retardamento de um ano e meio não foi suficiente para quebrar a continuidade da interação, isso porque o aluno foi capaz de usar um instrumento de escrita para

transcrever os dois enunciados iniciais, e também porque o professor aceitou a justificativa do aluno, como poder ser visto na Seqüência 6.5.

#### Seqüência 6.5: Retomando a seqüência

##### Aluno (3):

25. “Olah Prof, Estou respondendo agora à resposta de uma consulta que fiz em 1998. A consulta e

26. sua resposta estão transcritas abaixo. Perdi o papel em que tinha impresso a consulta e

27. achei semana passada então estou escrevendo a resposta:

##### Tutor (4):

34. “Olá Carlos! Puxa, faz tempo q não conversamos, não é mesmo?”

No primeiro movimento para endereçar sua pergunta – turnos 3 e 4 da Seqüência 6.4 – o aluno anunciou o assunto que ele tinha estudado em sala de aula, ligação química, enquanto ressaltou a ligação de hidrogênio como sua maior preocupação. Antes de fazer as perguntas, o aluno deixou o tutor saber sobre o exemplo da sala de aula, que o professor provavelmente usou para discutir o conceito de ligação de hidrogênio. Já que a água é um exemplo clássico para esse assunto, empregá-la para produzir sua própria pergunta foi o primeiro movimento bem sucedido do aluno para elaboração do significado. O segundo movimento foi visível em sua segunda pergunta, na qual ele re-elaborou a primeira, sugerindo a simultaneidade no rompimento e na formação das ligações químicas.

#### Seqüência 6.6: A dúvida.

##### Aluno (1):

5. No caso da água, quando se formam e se desfazem as pontes de hidrogênio, os átomos que formam

6. uma molécula continuam sempre os mesmos ? Ou por exemplo, quando do rompimento de uma ponte de hidrogenio, o hidrogenio de uma

7. molécula pode ir para outra molécula e o hidrogênio desta ir para outra e assim por diante?

Em termos do padrão estrutural, observou-se que esse episódio é formado por apenas uma tríade IRF, cujo último movimento teve função elicitativa, gerando nova réplica do aluno, que foi posteriormente avaliada pelo tutor. Assim, a estrutura da interação se constitui em uma seqüência IRFRF, bastante típica em situações com alto grau de interação elicitativa (Mortimer e Scott, 2002; Costa e Giordan, 2005). O principal aspecto dessa mudança é o fato de o tutor ter tomado o controle da interação no enunciado 2, por meio do qual ele reconheceu a primeira dúvida do aluno expressas nos turnos 5 a 7, transformou a pergunta do aluno em hipóteses nos turnos 14 e 16, e fez três perguntas relacionadas às hipóteses nos turnos 18 a 20. Na seqüência, o aluno replicou com uma resposta ao longo dos turnos 27 a 31 e pediu explicitamente a avaliação do professor no final do enunciado 3. O professor avaliou positivamente a proposição do aluno nos turnos 34 e 35, e estendeu a interação usando uma segunda estratégia, quando ele propôs que o aluno desenhasse um esquema para representar o modelo. Apesar do fato de o aluno ter endereçado uma dúvida inicial fazendo duas perguntas, ele próprio forneceu uma resposta e um modelo explicativo com a assistência do tutor. Nesse caso, o movimento em direção à elaboração do significado foi estruturado em termos de uma tríade IRF elicitativa iniciada pelo tutor, que se prolongou em uma nova resposta, seguida de avaliação.

### Seqüência 6.7: O experimento imaginário

#### Tutor (2):

14. Vamos supor que temos um equipamento que possa reconhecer a presença do hidrogênio, conforme
15. o tipo de ligação química que ele estabelece e ao mesmo tempo distinguir entre
16. isotópos de hidrogênio (deutério  $2H$  e hidrogênio  $1H$ ). Você deve saber que existe uma variedade
17. de moléculas de água formadas por átomos de oxigênio e de deutério, conhecida como  $D_2O$ . É a chamada água pesada.

18. Se não sabe, tome isto como um dado. Como nosso aparelho responderia na presença de H<sub>2</sub>O?

19. e numa situação onde houvesse uma mistura de H<sub>2</sub>O e D<sub>2</sub>O ? Conseguiríamos isolar apenas

20. os "sinais" de H<sub>2</sub>O e D<sub>2</sub>O, ou há a possibilidade de isolarmos outro "Sinal"? Tente pensar

21. neste experimento imaginário e responder como ele poderia ser utilizado para comprovar sua hipótese.

22. Aguardamos sua resposta,

Aluno (3):

27. Se houvesse uma mistura de H<sub>2</sub>O e D<sub>2</sub>O se

28. as moléculas continuassem sempre intactas o aparelho detectaria apenas os sinais H<sub>2</sub>O e D<sub>2</sub>O.

29. Mas se houvesse troca de átomos de hidrogênio entre as moléculas, poderiam aparecer

30. moléculas HDO e assim um novo sinal no aparelho poderia ser notado. Se esse aparelho existisse,

31. então poderíamos detectar a troca de átomos de hidrogênio entre as moléculas. Certo ?

32. Agradeço a confirmação das minhas idéias, e da troca de átomos de hidrogênio entre as

33. moléculas de água. Car"

Tutor (4):

34. Bem, sua proposição para o

35. experimento imaginário é bastante razoável. De acordo com as características desse aparelho (...)

37. você poderia acompanhar a troca entre os átomos de hidrogênio e deutério. Esses dados seriam

38. indicativos de que realmente está ocorrendo uma troca entre os átomos e que portanto as moléculas de água

39. não seriam totalmente estáveis (estariam sujeitas a romper e formar ligações)

40. em condições de execução do experimento. O que precisamos fazer agora para sustentar nossa hipótese (q está bastante bem formulada

41. e subsidiada pelo dados do aparelho)? Os cientistas costumam esquematizar modelos que os apóiam para a formulação de

42. novas perguntas/hipóteses. A ciência não avança sem outras perguntas e para formulá-las,

43. os cientistas propõem os modelos. Que tal esquematizar aquilo que você descreveu na sua resposta

44. em termos de fórmulas químicas, onde as ligações entre os átomos estejam representadas?

45. Como vc representaria o processo de transição entre os átomos de De H ? Se vc puder utilizar algum

46. programa gráfico de desenho de estruturas moleculares, ótimo. Se não, utilize seu próprio programa de correio eletrônico para esquematizar seu modelo,

47. ou se tiver disponibilidade, utilize um scanner para digitalizar seu esquema e nos envie.

Entramos agora em um aspecto particular de duas estratégias empregadas pelo tutor. Em sua primeira estratégia, expressa no enunciado 2, ele associou a

proposta do aluno para a ligação de hidrogênio a uma hipótese e denominou-a como 'troca de átomos', como pode ser visto na Seqüência 6.4. Ele transferiu então a proposta do aluno para uma situação imaginária, na qual as diferenças entre os tipos de ligação de hidrogênio poderiam ser medidas e comparadas por algum equipamento em dois cenários diferentes. Os dois cenários para validação das hipóteses foram anunciados nas formas de três perguntas ao longo dos turnos 18 a 20, ou seja, apenas água 'leve' e a mistura de água 'leve' e 'pesada'. Para o segundo cenário, duas possibilidades foram sugeridas: apenas dois 'sinais' ou um possível terceiro 'sinal'. O tutor também forneceu informação adicional com respeito à existência de um tipo diferente de molécula de água. Esta molécula é composta de deutério, cujas ligações poderiam ser detectadas diferentemente por equipamentos fictícios. Finalmente, o tutor motivou o aluno a pensar sobre o experimento imaginário, responder as perguntas e validar as hipóteses.

Os movimentos de transferência da proposta do aluno, desenhando os cenários e motivando o aluno são muito similares ao que Wood, Bruner e Ross (1976, página 98) chamaram de *recrutamento*, *redução no grau de liberdade e manutenção da direção*, respectivamente. Essas similitudes observadas entre os movimentos de tutoria pela internet e de tutoria face-a-face sugerem que o processo do *andaimeamento* foi a primeira estratégia empregada para sustentar a elaboração de significado nesse episódio.

Em termos das estruturas das formações enunciativas, é visível o movimento do tutor para revozear o aluno, tratando as asserções como 'sua questão' e 'sua hipótese', para em seguida negociar as asserções com o experimento imaginário e com as informações adicionais na direção de compartilhá-las com o aluno, usando construções na primeira pessoa do plural, 'vamos', 'nossa', 'isolarmos'. Trata-se de um típico movimento de inter-animação de vozes que visa criar elos entre as formações enunciativas de ambos os interlocutores. É característica também a oscilação entre as formas de referência àquilo que é voz do aluno, voz do tutor e 'voz compartilhada'. Essa oscilação parece desempenhar as funções de recrutar o aluno para trabalhar com as variáveis selecionadas e mantê-lo na direção de elaborar significados por meio de

ferramentas culturais que são de domínio do professor. Neste sentido, a criação de andaimes pode ser interpretada em termos de um movimento discursivo que privilegia a inter-animação de vozes.

A segunda estratégia foi anunciada no enunciado 4. Apesar de ter concentrado a atenção do aluno no sistema molecular, o tutor decidiu enfatizar a necessidade de sustentar as hipóteses, fazendo uma pergunta retórica nos turnos 40 e 41. Esta pergunta foi uma indicação da segunda estratégia de tutoria, que foi precedida por asserções sobre a forma de produção no trabalho científico. Nessa digressão, o tutor teceu relacionamentos entre perguntas, hipóteses e modelos que direcionaram a atenção do aluno para representar por meio de símbolos químicos a troca entre os hidrogênios na forma de um esquema. A nova tarefa foi então sugerida durante nos turnos 43 a 45.

É importante notar nesse segmento a presença explícita da voz do cientista no enunciado do tutor, 'os cientistas costumam', 'os cientistas propõem'. Neste caso, a inter-animação de vozes tem a função de legitimar a extensão da interação na direção de fazer o aluno usar uma ferramenta cultural própria da ciência, a esquematização simbólica. O tutor, tendo observado que o aluno utiliza a simbologia química para construir o enunciado 3, sugere a elaboração de outra representação do fenômeno, destacando inclusive a possibilidade de esta representação vir a suscitar novas hipóteses e perguntas, o que ele deixa ao encargo do aluno.

Símbolos químicos são tipos de ferramentas culturais largamente empregadas por químicos para representar e elaborar significados sobre a estrutura da matéria. Nesse episódio, eles foram usados primeiro pelo tutor e depois pelo aluno para nomear átomos e moléculas<sup>43</sup>. Os símbolos químicos foram usados pelo aluno para fazer conjunturas sobre os cenários propostos, que os usou juntamente com uma outra ferramenta cultural no enunciado 3, o argumento hipotético. Empregando uma estrutura *se-então*, o aluno avaliou as duas condições principais das hipóteses modificadas, ou seja, a mistura de H<sub>2</sub>O e D<sub>2</sub>O e a troca entre hidrogênios. O aluno considerou a mistura de água leve e

---

<sup>43</sup> Subscritos não foram utilizados em função das limitações do processador de texto do programa de correio eletrônico.

água pesada como uma condição necessária e por isso ele dispensou o primeiro cenário sugerido pelo tutor. Ele dividiu o segundo cenário e associou a possibilidade de detectar 'um novo sinal' para o surgimento de uma nova variedade de moléculas de água, HDO, que foi sugerido no enunciado 3 e foi representado no esquema do enunciado 5. Nesse sentido, símbolos químicos e argumento hipotético, duas ferramentas culturais, foram usados pelo aluno com a assistência do tutor, os agentes, para elaborar o significado de ligação de hidrogênio.

Uma extensa análise do desenho poderia ser feita. No entanto, nos deteremos particularmente em notar a preocupação do aluno com a nomenclatura dos dois tipos de ligação química envolvidas no processo e com as 'novas' moléculas. Ao colocar entre aspas o termo *novas*, o aluno condensou em seu enunciado as proposições anteriores, particularmente nos turnos 29 e 30, referentes aos 'sinais' característicos de cada estrutura molecular. Além da condensação, o termo *novas* indica a formação de espécies químicas a partir do rompimento e da formação de ligações, idéias explicitamente veiculadas nos enunciados 1 e 4. Estas moléculas foram referidas no corpo do esquema e em um tipo de legendação, por meio da combinação de letras (HOH, DOD, HOD), o que nos indica a predisposição do aluno para variar as formas de representação das moléculas. As nomeações realizaram a função de indexar conceitos específicos enunciados em outras passagens do episódio e a descrição da legenda declarou a característica condicional e consecutiva do modelo. Neste sentido, o esquema é um enunciado completo por meio do qual o aluno declara o que foi negociado para interpretar o processo troca entre hidrogênios.

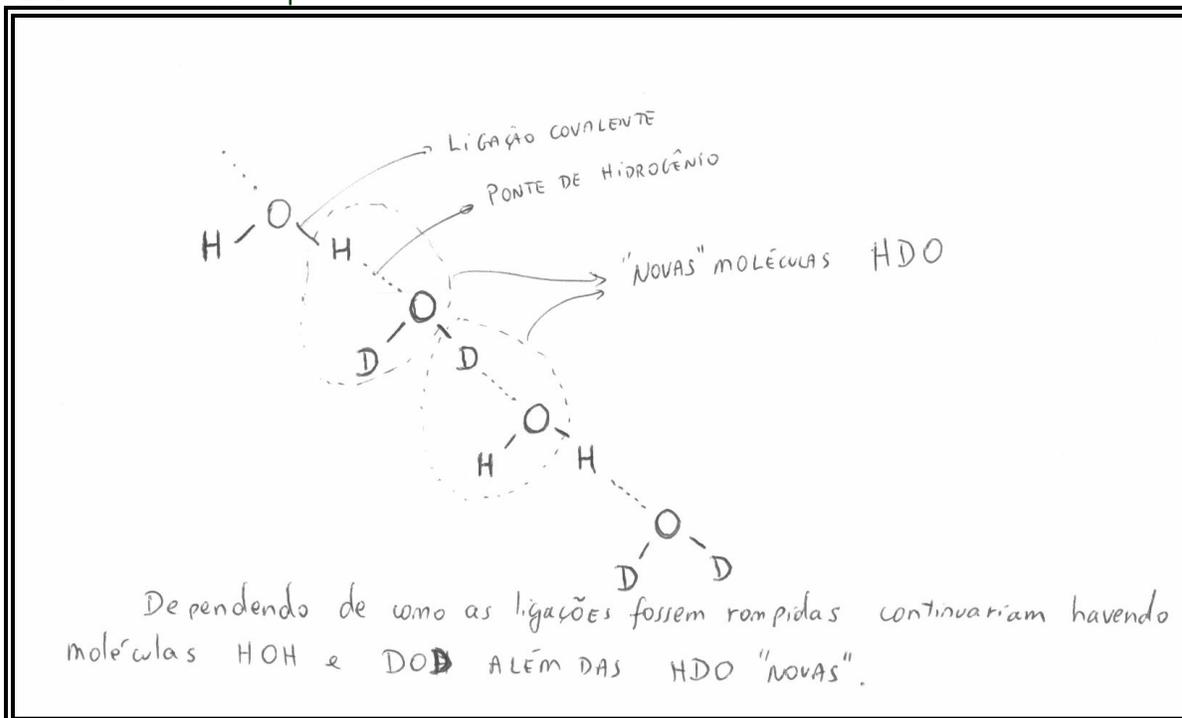
#### Seqüência 6.8: Desenhando ligações de hidrogênio

##### Aluno (5):

50. "olá Prof. Em anexo está o esquema de rompimento das ligações das pontes de hidrogênio desenhei e passei no scanner.

51. Car"

52. Desenho enviado pelo aluno.



Diferentemente do Episódio 1, nesse caso o modelo temático não esteve em disputa, uma vez que o tutor conduziu a interação extraindo, avaliando e mantendo a direção do movimento discursivo por meio de uma típica estrutura assimétrica de tríade IRF. Neste episódio, o tutor ofereceu cenários bem estruturados, cujos condicionantes e variáveis foram adotados pelo aluno em razão de ele tê-los reconhecido em sua proposição inicial, ao contrário da aluna no Episódio 1, que não reconheceu integralmente os feromônios e os insetos como conceitos exclusivos para elaborar o significado de química dos animais. No Episódio 2, as atenções de aluno e tutor permaneceram focadas em condições de contorno que foram aceitas desde o início, ao contrário do Episódio 1, onde as condições de contorno do cenário da ação foram disputadas até o último movimento, quando a aluna aceita o roteiro como uma ferramenta legítima para o seu trabalho.

## **Discussão.**

Como foi observado nos dois episódios, os enunciados produzidos por alunos e tutores realizaram várias funções. Algumas funções estiveram relacionadas à continuidade das interações, como saudações, reconhecimento, elicitación de opinião e de resposta, uma vez que elas contribuíram para o estabelecimento de conexões entre o que antecedeu e o que seguiu cada enunciado. No Episódio 1, aluna e tutora se alternaram no papel de questionadoras, o que não aconteceu no Episódio 2. Neste caso, o aluno iniciou a interação fazendo uma pergunta, mas na sua réplica o tutor tomou controle do movimento discursivo por meio de uma combinação de funções formadas por elementos de elaboração, elicitación e avaliação. O modelo assimétrico observado no Episódio 2 é uma característica estrutural do Diálogo Triádico (Lemke 1990, p. 8). Por outro lado, a alteração de papéis no Episódio 1 é uma característica estrutural do Debate, no qual a aluna e a tutora 'dividem o controle da direção do diálogo, e competem pelo controle temático' (Lemke 1990, p. 29).

Outra característica distintiva do episódio esteve relacionada às vozes que povoaram uma e outra interação. A abertura para a busca por informação fez o Episódio 1 ser povoado por um grande número vozes veiculadas em páginas Web, além das vozes da aluna, tutora e professora. Algumas das páginas da internet sugeridas pela tutora no Episódio 1, atuaram como contra - exemplos do padrão temático da aluna, conforme indicado na Seqüência 6.3, enunciado 4. Por outro lado, quando o tutor evocou o processo de criação de modelos entre os cientistas, no enunciado 4 do Episódio 2, ele assim o fez para conduzir o diálogo na direção de um padrão temático compartilhado. Neste sentido, as vozes evocadas nos dois episódios realizaram diferentes funções. Dependendo dos propósitos e da capacidade de negociação dos agentes, estas funções se materializaram em estruturas distintas das interações, ora propiciando contradições no Debate, ora propiciando reforço no Diálogo Triádico. Por isso, baseando-se nas funções veiculadas pelos enunciados e na dinâmica do movimento discursivo, é possível interpretar as diferenças nos padrões estruturais

desses episódios, que possuem um alto grau de interatividade e dialogicidade, apesar de não terem ocorrido em circunstâncias de interação face-a-face.

As análises de interação e de conteúdo combinadas com conceitos da teoria da ação mediada também podem fornecer evidências para interpretar a elaboração de significados. Nessa aproximação, a elaboração do significado é compreendida como uma ação mediada, à qual se forma uma tensão irreduzível entre os agentes e as ferramentas culturais (Wertsch, 1998, p. 25-30). Significado é construído pelo *agente-atuando-com-ferramentas-culturais* e não pode ser reduzido a um enunciado isolado.

No Episódio 1, a alteração das posições de questionadora – aluna nas linhas 1-2, tutora na linha 21, aluna nas linhas 36-37, tutora nas linhas 43-44 – subverteu a estrutura de tríades IRF clássicas, como relatado por Sinclair e Coulthard (1975), Mehan (1979) e Lemke (1990), já que a aluna pôde fornecer *feedbacks* avaliativos, enquanto extraia informações da tutora. Neste sentido, a aluna usou a pergunta com uma ferramenta cultural – que também foi observada nos estudos de Herrenkhol e Wertsch (1999), e Mortimer (1998) – dentro da estrutura triádica para elaborar o significado de química nos animais, ao longo de toda interação. Quando sugeriu à aluna a produção de um roteiro para organizar a tarefa escolar, a tutora provocou o anúncio de um novo significado para química nos animais. Neste sentido, o roteiro da tarefa não é o próprio significado, mas é a ferramenta cultural com a qual a aluna atuou para produzir o significado no plano interno e torná-lo visível no plano externo. A elaboração do significado de química nos animais é, portanto, um processo no qual aluna e tutora, as agentes, atuam com ferramentas culturais, como perguntas de tríades IRF, roteiro, páginas Web para realizar as tarefas da escola. Dentro dessa aproximação, podemos dizer que a aluna *soube como usar o* roteiro para planejar uma tarefa escolar e *soube como usar* perguntas em uma estrutura triádica para obter informação, o que nos indica que ela *dominou duas* ferramentas culturais essenciais para a elaboração de significados.

Por outro lado, no Episódio 2, a interação aluno-tutor foi estruturada em termos de estrutura triádica assimétrica. A estratégia do tutor de criar andaimes foi

prontamente aceita pelo aluno, o que fez com que a atenção deles permanecesse focada em um padrão temático único. Nesse caso, a elaboração do significado foi uma questão de dominar as ferramentas culturais como argumento hipotético e símbolos químicos, que foram arranjados pelo tutor e empregados pelo aluno para modelar o processo troca entre hidrogênios em moléculas de água. Por isso, a modelagem pode ser caracterizada como uma ação mediada, já que o aluno dominou pelo menos duas ferramentas culturais típicas do conhecimento químico para executar a tarefa proposta, que foi sugerida pelo tutor como parte de suas estratégias para sustentar a elaboração de significados. Resumidamente, observou-se que a modelagem das ligações de hidrogênio foi mediada interna e externamente por ferramentas culturais, que foram 'usadas com destreza' pelo aluno com a sustentação de andaimes estrategicamente fornecidos pelo tutor.

As análises dos dois episódios em termos de modelo estrutural e em termos de elaboração de significados fornecem evidências para propor a tutoria pela internet como uma modalidade viável de ensino que pode ser empregada como estratégia guiada para auxiliar o aluno da educação básica em suas tarefas escolares. Em termos de nossas questões de pesquisa, a teoria da ação mediada, os conceitos de ferramenta cultural e vozes provaram ser uma aproximação fértil para interpretar o processo de elaboração do significado, quando esse processo é tomado como um evento situado que envolve a articulação de representações internas e externas. A combinação de aspectos situacionais, estruturais e de conteúdo dos enunciados com as noções de domínio e apropriação de ferramentas culturais pode ser considerada um esquema analítico poderoso para interpretar a interação entre alunos e professores em situações de tutoria pela internet. Nesses episódios assíncronos mediados por computadores, observou-se que as interações têm padrões estruturais similares aos padrões de interações face-a-face das aulas de ciência (Lemke, 1990), o que também reforça nossa proposição de analisar as interações produzidas nesta nova modalidade de ensino usando uma perspectiva situada para compreender o processo de elaboração do significado.

Na próxima seção, são analisadas tríades IRF produzidas por aluna e tutora na interação de tutoria pela internet do Episódio 1, agora em termos das características multifuncionais de cada enunciado. Diferentes funções relacionadas a diferentes propósitos foram observadas nos movimentos de iniciação, resposta e seqüência realizados pela aluna. O controle da interação esteve compartilhado entre aluna e tutora. Na discussão, argumentamos que a ocorrência simultânea e entrelaçada de diferentes cadeias constituídas de tríades IRF seja um fator estrutural das interações de tutoria pela internet que podem interpretar o fluxo do diálogo realizado por correio eletrônico.

### **Funções das tríades IRF na dinâmica discursiva de interações mediadas por correio eletrônico<sup>44</sup>.**

#### **Tríades IRF e a dinâmica discursiva da sala de aula.**

Um dos primeiros gêneros de discurso observados na sala de aula, desde o surgimento de gravadores de voz, são as tríades IRF ou IRA. Em dois estudos independentes, Sinclair e Coulthard (1975), e Mehan (1979) observaram que o professor inicia (I) uma tríade por meio de perguntas dirigidas à sala ou a um único aluno, que responde (R) a pergunta, a qual é avaliada (A) ou seguida (F) por outro enunciado do professor. Nas salas de aula investigadas por Sinclair e Coulthard, o professor raramente perguntava em razão de querer saber a resposta do aluno. Ao invés disso, o professor estava interessado em saber se o aluno conhecia a resposta (1975, p. 36-7). Esta característica também foi observada por Mehan, que por essa razão adotou o termo 'avaliação' para se referir ao terceiro movimento da tríade.

Usando esta estratégia, o professor é capaz de engajar a sala de aula na interação, enquanto mantém o controle da agenda. Edwards e Mercer (1987) reconheceram o papel do professor como controlador da agenda e do discurso

---

<sup>44</sup> Parte desta seção aparece em 'The role of IRF exchanges in the discursive dynamics of e-mail tutored interactions', (Giordan, 2003).

pelo fato de o discurso ser sustentado por um conjunto de regras implícitas do diálogo da sala de aula, cujas funções em guiar e estruturar as atividades foram atribuídas às tríades IRF. Analisando as salas de aula de ciências do nível secundário de ensino em escolas norte-americanas, Lemke concluiu que as tríades IRF, além de fortalecerem o professor que dita as regras implícitas, também lhe dificultam ouvir o padrão temático dos alunos, já que a maior parte do que é dito por eles tende a se ajustar ao padrão temático firmado no movimento iniciado pelo professor (1990, p. 32).

Para muitos pesquisadores, *iniciação-resposta-seqüência* é considerada a 'tríade essencial no ensino' (Edwards e Westgate, 1994, p. 124-5) ou algo como uma norma (Hicks, 1995, p. 66) seguida em qualquer sala de aula. Alguns criticam aquilo que poderia ser considerado uma crença equivocada de encorajar a participação do aluno (Lemke, 1990, p. 168), e outros observaram que o diálogo estruturado em termos da IRF avaliativa pode ter um caráter interativo e de autoridade (Mortimer e Scott, 2002). Neste sentido, pode-se argumentar que as tríades IRF disfarçam um cenário de reprodução cultural através da simulação da participação do aluno, enquanto o professor conduz a interação e desempenha o papel de transmissor de informação.

Realmente, a função de transmitir informação parece ser bem executada pela IRF. Entretanto, esta não é a essência da tríade, conforme Wells argumentou ao propor a articulação da teoria da atividade, desenvolvida por Leontiev e colaboradores, e a teoria do discurso, desenvolvida por Halliday e colaboradores (Wells, 1993). Para ele, os episódios de discurso são bem compreendidos na operacionalização das ações. Dependendo dos objetivos das ações, que podem ser diversificados, um gênero particular de discurso é empregado, e neste sentido, uma função específica é executada pela tríade IRF. Analisando diálogos extraídos das tarefas de uma atividade de 'invenção de um método para medir o tempo' em salas de aulas de ciências no Canadá, Wells observou diferentes funções executadas pelas tríades, enquanto os alunos executavam diferentes tarefas, como por exemplo, planejar e executar o experimento, escrever o relatório e revisar a unidade de ensino.

Esta contribuição de Wells nos coloca dois problemas merecedores de investigação a respeito das interações de ensino em sala de aula. O primeiro lida com a natureza multifuncional da IRF, isto é, quão extenso é o rol de funções abarcadas por essa modalidade discursiva. O segundo está estritamente relacionado a uma das proposições centrais do programa de pesquisa sociocultural, ou seja, como a influência mútua entre estrutura e função do diálogo, e estrutura e propósito da ação podem explicar a elaboração de significados. Neste trabalho, estamos interessados no primeiro problema e especialmente em investigar a dinâmica das interações de ensino e aprendizagem executadas por meio de interfaces eletrônicas. Assim, procuramos analisar a estrutura das mensagens de correio eletrônico realizadas por aluna e tutora durante uma seção de tutoria, e as funções executadas por cada mensagem. Neste sentido, devemos considerar agora alguns aspectos desta emergente modalidade de comunicação.

### **Interações discursivas mediadas por correio eletrônico.**

O primeiro aspecto da comunicação por correio eletrônico a ser considerado é se esta modalidade pode ser tomada verdadeiramente como um diálogo. Segundo Yates, a heterogeneidade das mensagens eletrônicas é 'afetada por numerosos fatores sócio-estruturais e sócio-situacionais que cercam e definem a comunicação em curso' (1996, p. 46). Em um estudo sobre como a utilização do correio eletrônico reflete mudanças tecnológicas e de organização em um departamento universitário, Ziv (1996, p. 260-1) sugere que este uso envolve aprender simultaneamente sobre aspectos operacionais e sociais da tecnologia, de onde as pessoas negociam novos lugares em um mundo social particular. Uma investigação da dinâmica de grupos em fóruns eletrônicos de discussão sobre estudos feministas identificou a formação de variantes discursivas tipicamente orais (Korenman e Wyatt, 1996). Mesmo sendo transmitidas por textos escritos, as tentativas de caracterizar os enunciados de correio eletrônico como inerentemente semelhantes à escrita ou à fala têm se provado uma tarefa complexa. Em face das influências de sistemas lingüísticos escrito, falado ou iconográfico sobre o correio

eletrônico, Baron sugeriu que ele deveria ser considerado como uma 'modalidade crioula', cujas propriedades dependem fundamentalmente do potencial tecnológico e da escolha social (1998, p. 161-5).

Em seu livro sobre linguagem e internet, Crystal sugere que à medida que este meio de comunicação se desenvolve, modelos mais sofisticados para caracterização das variantes discursivas surgirão e estes modelos devem se estabelecer em função das situações de uso (2001, p. 6). O correio eletrônico em função de sua característica assíncrona deve exercer uma pressão específica para o surgimento dessas variantes, em meio a outras formas de utilização da internet. Em termos dos propósitos educacionais, o potencial tecnológico do correio eletrônico não pode ser isolado dos ambientes da internet, uma vez que a maior parte das atividades significativas realizadas na internet pode tirar vantagens de suas facilidades informativas, comunicativas, de autoria e de simulação, conforme argumentamos no Capítulo 1. Em investigações sobre a qualidade da argumentação durante atividades de ensino de ciências, observou-se que os alunos tiraram melhor proveito das características informativas e comunicativas da internet quando eles interagiram por meio de ambientes colaborativos especialmente desenhados (Bell e Lin, 2000; Ravenscroft, 2000). Mais uma vez, transmitir informação e sustentar a comunicação parecem funções possíveis de serem articuladas neste novo ambiente de ensino-aprendizagem.

Levando em consideração as especificidades dos ambientes de informação e de comunicação da internet, conforme sugerimos no Capítulo 1, estamos prontos a considerar uma primeira questão de pesquisa deste capítulo: o correio eletrônico tem alguma característica especial para sustentar tríades IRF que poderia ser útil para as finalidades educacionais?

Uma segunda contribuição dos estudos das interações por correio-eletrônico é o entendimento que se tem sobre algumas propriedades do enunciado, segundo a perspectiva da teoria do enunciado de Bakhtin. Uma dessas propriedades é o fato de a compreensão de um enunciado ser sempre acompanhada de uma atitude responsiva, característica das tríades IRF, enquanto gênero discursivo. Esta é a característica que reflete a historicidade do enunciado

– em uma temporalidade da situação específica em que se encontram os sujeitos  
– que, sendo função de enunciados anteriores, é um elo na cadeia muito complexa de outros enunciados (Bakhtin, 2000, 291), Neste sentido, estaremos verificando como esses elos se formam nas situações de diálogo mediado pelo correio-eletrônico.

Nossa aproximação para responder estas questões começou considerando como alunos e professores interagem pela internet para elaborar significados, conforme discutimos na primeira parte deste capítulo. Nesta seção, focamos nossa atenção em uma interação aluna-tutora particular, a qual produziu diversas tríades IRF, a fim de analisar como essas tríades estão estruturadas, quais funções são executadas, e se elas podem explicar o fluxo do diálogo.

### **Análise e discussão do episódio de ensino.**

Neste episódio, Den é uma aluna do 2<sup>o</sup> ano do Ensino Médio, e Raq é uma professora de química, que estava iniciando seu trabalho como tutora no serviço de tutoria. Elas trocaram 12 mensagens de correio eletrônico ao longo de 12 dias no início de 1999. Dois enunciados da aluna foram selecionados para análise, uma vez que é possível considerar a partir deles os principais aspectos estruturais e funcionais da interação. De cada enunciado, três tríades IRF foram organizadas por meio do desdobramento de um total de oito enunciados endereçados por aluna e tutora.

#### Enunciado 3: A nova sócia.

Oi, Raq.

Fiquei muito feliz de a resposta ter sido tao rapida. Achei muito interessante o texto sobre o Feromonios sexuais.

Gostaria de saber se vc possui artigos sobre a respircao, digestao, reproducao, etc.

Abracos da nova 'socia',  
Den.

Se considerarmos a situacionalidade como uma característica intrínseca de cada movimento, podemos afirmar que o Enunciado 3 executa três funções diferentes. A primeira foi o compromisso demonstrado pela aluna, que propôs tornar-se uma nova sócia da sociedade que provia o serviço de tutoria. Este ato de engajamento é melhor compreendido como uma forma de expressar satisfação pela experiência de fazer perguntas e obter respostas, bem como uma resposta a um convite prévio. O estado de satisfação e a condição de associada foram uma resposta endereçada para obter o compromisso da tutora. Neste sentido, a aluna estava avisando a tutora que ela desejaria continuar a interação. Em termos estruturais, este comprometimento compartilhado é executado pela seguinte tríade:

#### Seqüência 6.9: Primeira IRF - Tornando-se sócia.

Tutora (2):

Qualquer dúvida, volte a nos contactar, ok?

Aluna (3):

Abracos da nova 'socia', Den.

Tutora (4):

Olá Den, seja bem vinda à nossa Sociedade Brasileira de Química!

A segunda função do Enunciado 3 expressou a confirmação de receber uma resposta da tutora. Para tal, a aluna qualificou dupla e positivamente a resposta da tutora em termos de presteza e adequação aos seus propósitos. Este foi um típico movimento de *feedback*, que faz parte de uma tríade iniciada pela estudante, conforme registrado abaixo.

Na tríade como um todo, antes de solicitar informação sobre seu assunto de interesse, a aluna forneceu o contexto situacional no qual ela tentou inicialmente resolver a tarefa escolar. Assim, a descrição endereçou diferentes funções: o propósito da pergunta que foi executar uma tarefa escolar, a estratégia empregada, pesquisa em enciclopédia, e o assunto, química nos animais. Isso tudo foi dito em apenas um enunciado, o que sugere que os enunciados desse episódio tiveram um caráter condensado.

Na resposta ao primeiro enunciado da aluna, a tutora também usou uma construção condensada para colocar o foco nos feromônios. Após ter posto em evidência a diferença entre conhecimento químico e animais, e restringi-los aos insetos, ela forneceu informações específicas. A primeira informação endereçou o padrão temático que estava se abrindo à negociação, e a segunda veiculou o requisito estratégico de como obter informações adicionais. Nesse estágio, a tutora não considerou como a aluna poderia realizar a tarefa escolar, o que foi a motivação inicial desta para recorrer ao serviço de tutoria. Este aspecto retornou somente no final do episódio, conforme observaremos adiante.

Seqüência 6.10: Segunda IRF - Como são interessantes os feromônios sexuais.

Aluna (1):

Tenho que fazer um trabalho sobre a quimica nos animais, achei algumas coisas na Barsa, e gostaria de ver se vcs nao possuem textos, informacoes, fotos, enfim, qualquer coisa a respeito para me enviar.

Tutora (2):

Há um assunto bastante interessante que envolve o conhecimento químico e os animais, mais especificamente, os insetos. Trata-se dos feromônios, substâncias voláteis produzidas pelos insetos e que tem funções importantes na vida destes pequenos seres. Sugiro que consulte dois textos sobre este assunto na rede:

URL1 e URL2.

Aluna (3)

Oi, Raq. Fiquei muito feliz de a resposta ter sido tao rapida. Achei muito interessante o texto sobre o Feromonios sexuais.

A despeito de ter se interessado pelos feromônios de insetos, a aluna usou o terceiro enunciado para solicitar informação sobre um outro tema específico que é a terceira função do Enunciado 3. Este movimento não pode ser considerado uma iniciação, caso levemos em consideração o enunciado anterior da tutora, na qual ela pede que a aluna seja mais explícita ao se referir à química nos animais. Apesar de a aluna ter solicitado informação, ela estava na verdade respondendo a uma iniciação da tutora, como pode ser observado na tríade a seguir.

Seqüência 6.11: Terceira IRF: química ou bioquímica?

Tutora (2):

A química nos animais é um tema bastante amplo. Temos um ramo da química, a bioquímica, que se preocupa com os processos químicos nos seres vivos. Poderíamos falar nos elementos essenciais para a nossa alimentação e as consequências de sua deficiência ou excesso, ou ainda discutir as transformações químicas que ocorrem na respiração dos animais, só como exemplo. Não sei a que você se refere quando fala em química nos animais.

Aluna (3):

Gostaria de saber se você possui artigos sobre a respiração, digestão, reprodução, etc.

Tutora (4):

Sobre digestão, ..., reprodução, não é a nossa área. Se você deseja saber mais sobre a química destes processos sugiro que procure um farmacêutico bioquímico, é o profissional mais indicado.

No seu *feedback*, a tutora se recusou considerar a discussão sobre o que ela classificou como um assunto para um bioquímico. Se nós compararmos esta recusa com sua elaboração prévia sobre feromônios de insetos, é possível concluirmos que a negociação do padrão temático evoluiu para uma disputa. Para a tutora, química dos animais lida com moléculas produzidas por seres vivos que executam algumas funções; para a aluna, uma vez que processos bioquímicos são o foco de interesse, as propriedades e funções das moléculas em si não lhe satisfazem. Neste sentido, a aluna estava pronta a aceitar o conselho de procurar por um bioquímico, o que está visível no Enunciado 9.

Enunciado 9: O assunto é química nos animais.

Ola Raq

Minhas duvidas sao para um trabalho do meu colegio. Eh da disciplina de Quimica.O assunto eh "a quimica nos animais". Eu achei algumas materias em revistas sobre os mais variados assuntos que ligam a quimica e os animais, incluindo, claro o ser humano.

Eu estou procurando quase que diariamente na Internet sobre bioquimica, e assuntos ligados a esse, mas estou com muita dificuldade.

Alguns textos que eu encontro sao muito complexos e complicados, eu não entendo nada do que esta escrito.

Alguns assuntos pelos os quais eu estou procurando eh a cafeina(como ela age com corpo humano), alcool, drogas, pois todos no final acabam envolvendo a quimica.

Semana que vem estou planejando ir na Universidade daqui, na parte de Bioquimica ver se acho alguma coisa que eu possa aproveitar. Eh quase certeza que sim, pois o professor indicou para ir la!

Abracos,  
Den.

ps.:consegui acessar aquela pagina que eu nao tava conseguindo entrar, mas os textos sao muito complicados!

Vale notar que a decisão de ir à universidade foi tomada depois de a visita ter sido recomendada pela professora. Apesar disso, é evidente que a aluna foi influenciada pela sugestão da tutora para procurar um bioquímico, como pudemos ver na terceira IRF. Uma vez que a aluna não mencionou a sugestão da tutora, deveríamos considerar esse movimento de informar a tutora sobre sua decisão como uma iniciação de uma nova tríade. Respondendo a ela, a tutora volta a oferecer sugestões, as quais não foram visivelmente aceitas pela aluna no movimento de *feedback*, já que ela apenas confirmou a visita. Esta tríade é apresentada na Seqüência 6.12 e é uma das duas tríades iniciadas pela aluna por meio do Enunciado 9.

#### Seqüência 6.12: Quarta IRF - A visita à universidade.

##### Aluna (9).

Semana que vem estou planejando ir na Universidade daqui, na parte de Bioquímica ver se acho alguma coisa que eu possa aproveitar. Eh quase certeza que sim, pois o professor indicou para ir lá!

##### Tutora (10).

Sugiro que quando visitar o Departamento de Bioquímica na Universidade, procure levar dúvidas e perguntas para que possa tirar melhor proveito de sua pesquisa, ok?

##### Aluna (11).

Esta semana ja esta certo que irei na Universidade, no departamento de Bioquímica. Depois escrevo contando o que achei lá.

A segunda tríade, também iniciada pela aluna, refere-se às suas dificuldades em lidar com informações complexas e esquemáticas. Estas dificuldades foram anunciadas em dois movimentos distintos. No *post script*, enquanto reportava ter encontrado a página Web, a estudante qualificou-a como difícil de entender. Este movimento é melhor classificado como um *feedback* em

uma cadeia de tríades que se iniciou no enunciado 4, quando a tutora sugeriu uma página web que não pôde ser acessada pela aluna. Esta cadeia também executou a função de compartilhar engajamento entre aluna e tutora.

O outro anúncio esteve visível após a aluna informar a tutora sobre suas buscas freqüentes na internet. Neste caso, ela empregou a mesma conjunção, *mas*, para expressar a adversidade da situação. Na resposta, a tutora revozeou explicitamente esta construção de o texto ser complexo e difícil, e por esta razão decidimos considerá-la a iniciação da quinta IRF. Apesar disso, no seu *feedback*, a aluna referiu-se implicitamente ao *post script*, já que a página web reportada foi a mesma anunciada no enunciado 4. Esta é uma evidência de que algumas funções dos enunciados podem estar espalhadas por diferentes movimentos. Neste sentido, a segunda função do Enunciado 9 foi solicitar auxílio para lidar com a complexidade dos textos.

#### Seqüência 6.13: Quinta IRF - Como os esquemas são complicados!

##### Aluna (9).

Eu estou procurando quase que diariamente na Internet sobre bioquímica, e assuntos ligados a esse, mas estou com muita dificuldade. Alguns textos que eu encontro são muito complexos e complicados, eu não entendo nada do que está escrito.

##### Tutora (10).

Você comentou que os textos que encontra são complexos e complicados. Quem sabe posso ajudá-la a entender alguns destes textos? Me indique-os e formule perguntas para que possa orientá-la melhor. COLOQUE-ME SUAS DÚVIDAS.

##### Aluna (11).

Quando eu falei de um texto complicado estava me referindo ao do endereço da PUC. Eu não entendi quase nada porque as informações encontram-se em forma de esquema, o que dificulta bastante. Se fosse em forma de texto, propriamente dito, a compreensão seria mais fácil.

Todos os outros movimentos do Enunciado 9 são uma espécie de revocação, pois todas as informações já haviam sido implícita ou explicitamente veiculadas nos enunciados prévios. Por exemplo, o propósito, o tema e a estratégia para executar a tarefa escolar foram veiculados no primeiro enunciado. Esta revocação pode ser entendida se a considerarmos como uma resposta a

uma iniciação prévia da tutora, a qual está visível no enunciado 8 da Seqüência 6.14. É difícil decidir se as duas perguntas da tutora poderiam ser consideradas autênticas, ou seja, se ela ainda não conhecia as repostas, ou se o propósito era focar no aspecto de procedimento sobre como executar a tarefa escolar, que até então ainda não havia sido abordado. A despeito disso, na seqüência, ela revozeou a resposta da aluna e formulou novamente duas perguntas elicitativas, para as quais ela definitivamente não conhecia as respostas. Ao formular estas perguntas, ela encorajou a aluna a planejar um roteiro para a tarefa escolar. Em resposta, a aluna propôs o roteiro, no qual estão visíveis o interesse sobre os processos bioquímicos e também a influência das sugestões da tutora, no caso os feromônios.

#### Seqüência 6.14: Sexta IRF - Planejando a tarefa.

##### Tutora (8).

Estas dúvidas que você tem são pessoais ou para algum trabalho de escola? De qual disciplina?

##### Aluna (9).

Minhas duvidas sao para um trabalho do meu colegio. Eh da disciplina de Quimica.O assunto eh "a quimica nos animais". Eu achei algumas materias em revistas sobre os mais variados assuntos que ligam a quimica e os animais, incluindo, claro o ser humano. (...)

Alguns assuntos pelos os quais eu estou procurando eh a cafeina(como ela age com corpo humano), alcool, drogas, pois todos no final acabam envolvendo a quimica.

##### Tutora (10).

Notei que está interessada nos processos bioquímicos de determinadas substâncias(álcool, cafeína, drogas) e suas conseqüências para nossa saúde. É este o roteiro de seu trabalho escolar? Se não, que tal elaboramos um?

##### Aluna (11).

O meu trabalho não tem um roteiro, digamos, fixo, eu posso falar sobre tudo que envolva a química nos animais, desde os processos como digestão, respiração, ate como álcool, cafeína, etc, agem no nosso organismo. Não posso esquecer dos animais irracionais que também fazem parte do trabalho. (...)

Voltando ao roteiro que voce falou eu fiz mais ou menos isso:

- 1º um pouco de historia, a origem dos estudos nesse campo;
- 2º colocarei os processos, como digestão...;
- 3º comentarei todas as informações, relacionadas aos seres humanos;
- 4º falarei dos animais irracionais, incluindo os textos sobre feromonios;
- 5º conclusao;

Nao sei se era a isso que vc se referia, mas tudo bem!

## **Discussão.**

Das análises dos Enunciados 3 e 9, encontramos uma diversidade de funções relacionadas a diferentes propósitos da aluna. No Enunciado 3, ela sustentou o engajamento e perguntou por informações para responder à tutora, e também aceitou o *feedback* da tutora; no Enunciado 9, a aluna informou e solicitou por auxílio para iniciar uma tríade, e revocou para responder à tutora. Neste sentido, a multifuncionalidade dos enunciados é também uma característica observada na comunicação por correio eletrônico que é empregada em tutorias a distância, como vem sendo reportado em outros usos educacionais do correio eletrônico (Meij e Boersma, 2002), como também em outras formas de uso (Yates, 1996). Nós sugerimos que a natureza condensada dos enunciados e a assincronicidade das tríades podem explicar a multifuncionalidade de cada enunciado, pois estas são características típicas da comunicação por correio eletrônico. No entanto, quais são as conseqüências destas características para o diálogo entre aluna e tutora?

Nossa intenção é compreender como os diferentes propósitos foram negociados durante a interação de tutoria e se o fluxo do diálogo pode mostrar como ocorreu esta negociação. Para tal, os movimentos discursivos foram agrupados em tríades IRF que consideramos as menores unidades do diálogo, e suas funções no fluxo do diálogo foram descritas. Agora, identificaremos a formação de cadeias de tríades, observando como os propósitos principais da aluna foram negociados dentro dessas cadeias.

Da análise da terceira IRF, observamos a intenção da aluna em compreender a Química dos processos biológicos. Uma conseqüência desta motivação esteve visível na quarta IRF, na qual ela anunciou seus planos para visitar a universidade. Neste sentido, a terceira e a quarta IRF formam uma cadeia orientada na direção deste propósito. Na terceira IRF, a tutora controlou a interação, mas na quarta IRF, a aluna 'tomou a palavra', iniciando e dando seguimento à tríade, e portanto, teve o controle da interação. O resultado desta disputa foi a proposição de uma nova atividade, na qual não havia lugar para a

tutora. Vale notar que a sugestão da tutora pode ser considerada um instrumento potencial para iniciar, por meio de perguntas, e controlar, confrontando as respostas com as dúvidas, as futuras interações.

Uma outra cadeia foi formada pela segunda e sexta tríades, uma vez que elas se referiam ao contexto situacional que motivou a aluna a procurar o serviço de tutoria e particularmente às estratégias empregadas por ambas para realizar a tarefa escolar. Em um primeiro momento, a aluna teve o controle da interação, pois ela demandou respostas da tutora e as avaliou positivamente. Na seqüência, outras informações foram fornecidas pela tutora, e o padrão da tríade permaneceu inalterado até a tutora solicitar informações sobre a origem das dúvidas da aluna. Neste momento, a tutora tomou o controle da interação e, como resultado, a aluna providenciou as respostas, e finalmente o roteiro para realizar a tarefa escolar.

A terceira cadeia de tríades é formada pela primeira e pela quinta IRF. Esta cadeia foi responsável por sustentar o engajamento da aluna durante a interação. Neste caso, o papel da tutora foi auxiliar a aluna no sentimento positivo de tornar-se associada e no sentimento negativo de não compreender os textos. Apesar da disputa sobre o padrão temático e sobre o controle da interação, uma atmosfera de assistência parece ter tido uma função importante para manter o fluxo do diálogo. Esta atmosfera de assistência foi estruturada por esta cadeia e por uma outra que discutimos na primeira seção do capítulo, o que pode ser verificado comparando-se as tabelas 6.1 e 6.2.

Em termos estruturais, a ocorrência simultânea de diferentes cadeias formadas por tríades IRF é uma peculiaridade identificada neste episódio. Tendo observado que cada enunciado formou diferentes tríades IRF, e estas tríades estiveram espalhadas por toda a interação, sugerimos que o fluxo do diálogo foi construído por meio do entrelaçamento destas cadeias, cujos propósitos foram negociados por aluna e tutora que usaram seus enunciados como uma unidade de comunicação multifuncional. Esquemáticamente, a multifuncionalidade dos enunciados está representada na Tabela 6.2, na forma como um mesmo enunciado participa de três cadeias diferentes. Já o entrelaçamento das cadeias é

conseqüência da ocorrência simultânea de mais de uma função por enunciado e na própria seqüência temporal dos enunciados.

Tabela 6.2. Formação de cadeias a partir de tríades IRF.

	A(1)	T(2)	A(3)	T(4)	A(5)	T(6)	A(7)	T(8)	A(9)	T(10)	A(11)
Cadeia1		I	R	F					I	R	F
Cadeia2	I	R	F				I	R	F	R	
Cadeia3		I	R	F					I	R	F

Como tem sido extensamente observado, tríades IRF podem ser usadas pelo professor como um instrumento de controle das atividades de sala de aula (Sinclair e Couthard, 1975; Mehan, 1979; Edwards e Mercer, 1987; Lemke, 1990; Cazden, 2001). Alguns estudos mostraram, no entanto, que os alunos podem subverter a tríade (Wells, 1993; Hall, 1998; Candela, 1999) tomando o movimento de iniciação, o que é uma evidência de que a estrutura das atividades da sala de aula pode não ser completamente determinada pelo controle que o professor exerce sobre o fluxo das interações. Neste sentido, este controle não é tão rígido como tem sido sugerido.

A contribuição deste trabalho está em colocar em evidência o caráter potencialmente subversivo das interações realizadas por alunos e professores através da mídia eletrônica, em termos de como as atividades podem ser estruturadas. Dar a palavra ao aluno para iniciar a interação, como uma característica particular de serviços de tutoria pela internet, provou mudar não apenas a estrutura das tríades IRF, confirmando o que já vem sendo observado (Cazden, 2001, p. 129), mas também permitiu à aluna propor a agenda da interação, onde habita a verdadeira oportunidade para considerar as necessidades dos alunos por meio de suas próprias vozes. Esta é uma mudança qualitativa na natureza das ações executadas por alunos e professores que parece ser conseqüência da introdução e da forma de uso do correio eletrônico como uma

ferramenta cultural (Wertsch, 2002b). A ocorrência simultânea e entrelaçada de cadeias formadas por tríades IRF, características da comunicação por correio eletrônico, foi o fator estrutural mais visível observado neste diálogo. Neste sentido, é necessário continuar investigando como esta e outras características únicas do correio eletrônico podem transformar a natureza dos diálogos e a forma de construir significado nos cenários educacionais.

As transformações potenciais produzidas pelos ambientes da internet na educação ainda estão por serem de todo observadas. É sintomático perceber a inversão das tríades IRF e a forma menos assimétrica como ocorre a negociação de significados em algumas situações de uso do correio eletrônico. A subversão de um gênero que tem relação direta com o controle da interação discursiva na sala de aula implica que forma, conteúdo e relações, especialmente as relações de poder, entre aluno e tutora passaram por mudanças. Haveria características do correio eletrônico que poderiam explicar a subversão de um gênero tão bem estabelecido na sala de aula?

É fato que o domínio da ferramenta correio eletrônico pelo aluno se encontra em níveis tão adiantados como o domínio pelo professor. O aluno que frequenta a sala de aula tem frequentado o ciberespaço e tem feito uso do correio eletrônico para se comunicar com seus pares, trocar opiniões e buscar informações, assim como o próprio professor. Como os propósitos de uso do correio eletrônico de um e de outro são distintos, não podemos inferir que o domínio da ferramenta é, por si só, suficiente para explicar o controle sobre o fluxo da interação. No entanto, se o aluno já utiliza o correio eletrônico para se comunicar, opinar, buscar informações em situações desvinculadas da sala de aula, é bastante provável que ele transfira essas funções da ferramenta cultural para as interações com o professor que se estabeleçam fora da sala de aula, mas que se relacionam diretamente às ações de dentro da sala de aula.

Este foi o propósito de Den, dar continuidade ao estudo sobre química dos animais que se iniciou na sala de aula, quando procurou o serviço de tutoria. Vimos que a aluna soube negociar o padrão temático na interação com a tutora, lançando mão de perguntas e avaliando as respostas da professora. Assim, no

uso do correio eletrônico para negociar o tema, a aluna sustentou seu propósito com o auxílio de uma outra ferramenta cultural bastante difundida, a tríade IRF. Se na sala de aula, o professor utiliza a IRF para controlar a interação e fazer valer seus propósitos diante do coletivo, no ciberespaço, as formações enunciativas já não estão mais sob seu controle. Ali, o aluno poderá fazer valer seus propósitos, usando o correio eletrônico para se comunicar pessoalmente com o professor e assim poder negociar individualmente e não em meio ao grupo. Este é um traço da ferramenta cultural correio eletrônico, a personalização da interação, que a diferencia da oralidade da sala de aula, por meio da qual o aluno poderá se servir para sustentar interações menos assimétricas com o professor.

A personalização do atendimento às demandas específicas do aluno e de pequenos grupos de alunos certamente permite alterar a dinâmica das interações discursivas e a organização das atividades de ensino. Se os ambientes da internet forem utilizados nesta direção, é bastante provável que conheceremos variantes de gêneros discursivos por meio dos quais as relações de poder e os mecanismos de elaboração de significados sejam menos assimétricos.

### **Implicações.**

Essa modalidade emergente de comunicação começou a ser investigada recentemente, em termos lingüísticos, como mostraram os trabalhos organizados por Herring (1996) e por Crystal (2001). Na Educação em Ciências, muitas investigações ainda estão por se realizar e nesse capítulo, nós exploramos alguns aspectos da interação aluno-professor que podem contribuir para um programa de pesquisas que se realize na interface com os estudos socioculturais e com as tecnologias educativas. Características específicas desse meio em evolução contínua relacionadas aos padrões de comunicação, às variantes enunciativas trouxeram para o debate aspectos importantes das interações mediadas por correio eletrônico. Neste sentido, algumas questões de pesquisa que possuem seqüências particulares para a escola e para a Educação em Ciências ainda

permanecem: como os fatores estruturais e institucionais da escola podem explicar os padrões de comunicação e de atividades que se desenvolvem em uma modalidade de ensino como a tutoria pela internet? Como essa modalidade poderia ser usada no contexto escolar para organizar o ensino de modo a desenvolver habilidades comunicacionais e a melhorar a aprendizagem?

Um resultado almejado no desenvolvimento de habilidades comunicacionais é o aperfeiçoamento da capacidade de argumentação. As tecnologias da informação e da comunicação podem dar uma contribuição importante nesse campo, como nos indicam alguns resultados de pesquisa sobre o uso de ambientes Web especialmente desenhados para sustentar a argumentação no ensino de química (Bell e Lin, 2000; Ravenscroft, 2000). A natureza multimídia da internet fornece, de fato, uma oportunidade ímpar para engajar os alunos em aspectos específicos do conhecimento científico, envolvendo simulação e visualização, o que pode ser de todo útil para desenvolver a argumentação. Entretanto, a interação entre humanos também tem sido afetada pelo traço não-hierárquico dessa mídia, de tal forma que interações simétricas entre pares são lugar comum em situações de uso da internet. Se o desenho de ambientes virtuais e de atividades estruturadas pelas TICs levar em consideração as interações mediadas pelo computador em situações presenciais e não-presenciais, como o processo argumentativo seria afetado pela estrutura e pela dinâmica dessas interações? Como a argumentação, sustentada por princípios dialógicos e interpretada pelo prisma da ação mediada, seria afetada pela simulação e pela visualização de fenômenos científicos?

Promover a interação entre alunos e professores por meio do diálogo nos parece ser a aproximação mais confiável para começar a responder essas perguntas e também para propor práticas educacionais usando esses novos e sofisticados meios mediacionais.

# PERSPECTIVAS DE INVESTIGAÇÃO



Os resultados de nossas investigações têm indicado inequivocamente avanços na direção de interpretar os fenômenos da interação e da elaboração de significados em situações de uso do computador dentro e fora da sala de aula. Na verdade, temos observado com atenção as transformações que ocorrem neste tradicional ambiente de ensino e aprendizagem em função de um fenômeno sócio-técnico conhecido como convergência de mídias, o que nos tem feito perceber uma espécie de extensão de seus domínios para uma outra ambiência construída com o suporte das tecnologias digitais da informação e da comunicação. Nossos estudos sobre interação mediada pelo correio eletrônico demonstram um forte interesse dos alunos em buscar tanto informações como interlocutores na internet para realizar suas tarefas escolares. No contato com professores e futuros professores em programas de formação continuada e de licenciatura, temos observado também um forte interesse pela apropriação das TICs, pelo menos entre aqueles que se manifestam a favor de um ensino interativo, no qual o aluno desempenhe um papel ativo no processo de aprendizagem.

A despeito das pressões institucionais, políticas e econômicas para usar o computador na escola, ou talvez em função delas, parece haver uma disposição comum entre alunos e professores para adotar o computador como suporte das atividades de ensino. O fato é que estas pressões são fatores inerentes à utilização de qualquer tecnologia e neste caso não se deve subestimá-las, pois um desdobramento inevitável da convergência digital são as alterações radicais dos mecanismos de regulação social e dos meios de produção. E estas alterações já podem ser observadas na sala de aula, especialmente naquelas onde alunos e professores dominam as tecnologias digitais. Neste sentido, nossa opção em investigar as formas de uso destas tecnologias nas situações de ensino está comprometida com a perspectiva de dar visibilidade aos condicionantes institucionais responsáveis pelas tensões que se estabelecem entre os sujeitos e entre os sujeitos e as ferramentas de mediação. O enfoque sobre o 'saber usar' e o 'tomar como sua' a ferramenta nos permite manter em evidência estas tensões, sem reduzi-las a meras fases de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que nos mantemos atentos aos propósitos que mobilizam os sujeitos em suas ações.

Nossa disposição em prosseguir nas investigações se orienta pela necessidade de estudar situações de uso do computador que nos permitam observar tanto interações face-a-face, quanto interações não presenciais, buscando estruturar cenários de pesquisa, nos quais possamos articular e comparar estas formas de interação. A razão para adotar essa estratégia está em julgarmos como irreversível o fenômeno da convergência digital. A convergência dos meios de comunicação e informação para os sistemas digitais tende a integrar e mesclar formas de interação face-a-face e não presenciais em arranjos ainda não experimentados pela humanidade. Já é isso que observamos entre os usuários de telefones móveis e computadores portáteis com conexão sem fio no seu ambiente de trabalho, nos espaços de laser e mesmo na escola. Trata-se, portanto, de investigar fenômenos deflagrados na sala de aula e para tal é preciso fundá-los com base em princípios educacionais dialógicos, inclusivos, colaborativos e em princípios teórico-metodológicos orientados por nossas questões de pesquisa e delimitados pelas condições de contorno que nos deparamos. Neste sentido, não é justo direcionar nossas investigações apenas para fomentar os debates das sociedades científicas, mas é preciso sim orientá-las para o desenvolvimento de produtos e processos capazes de mediar as necessárias transformações demandadas pela escola no ensino de ciências e no ensino de química, em particular.

Temos já desenvolvido um conjunto diversificado de aplicativos e ambientes virtuais de ensino, entre eles um sistema tutorial de ensino de Química Orgânica que se utiliza largamente de animações e simulações. Temos também desenvolvido técnicas de registro das ações, diálogos, textos e outras produções dos sujeitos de nossas investigações, que nos permitem trabalhar em salas de aula, laboratórios de informática e no ciberespaço. Obtivemos resultados importantes nas investigações de campo na escola e na internet, conforme indicamos nos capítulos anteriores. Fundamentalmente, foi possível validar a aplicação e verificar a fertilidade dos princípios da teoria da ação mediada para investigar a elaboração de significados e a interação discursiva em situações presenciais e não-presenciais de ensino.

Nossa meta é seguir na direção de integrar nossas ações de pesquisa em ambientes virtuais de ensino e levá-los para a escola com a finalidade de aperfeiçoá-los enquanto materiais de apoio ao ensino, de promover a formação inicial e continuada de professores e de investigar os processos de elaboração de significados em situações de uso do computador. Adotando alunos do nível médio de ensino, seus professores e futuros professores como sujeitos das investigações, consideramos que no cenário da sala de aula presencial, as formas mais freqüentes de interação ocorrem *com* e *no* computador, sendo de interesse registrar também as interações *pelo* computador e eventualmente *sobre* o computador, que se desenvolvem, no entanto, em situações de ensino não-presencial. Nos cenários presenciais, os episódios de sala de aula serão registrados, levando-se em conta a fala, os gestos, a tela computador e os registros escritos. Outras fontes de dados serão as produções dos alunos sobre os objetos moleculares, modelos explicativos e outras ferramentas culturais como gráficos e simulações. Todos esses registros serão coletados e armazenados em um banco de dados, utilizando-se as técnicas apresentadas no Capítulo 3. Eventualmente, poderão ser analisadas as interações ocorridas entre os alunos *pelo* computador que serão alimentadas pelas produções realizadas *com* o computador, conforme indicam as setas da Figura 7.1.

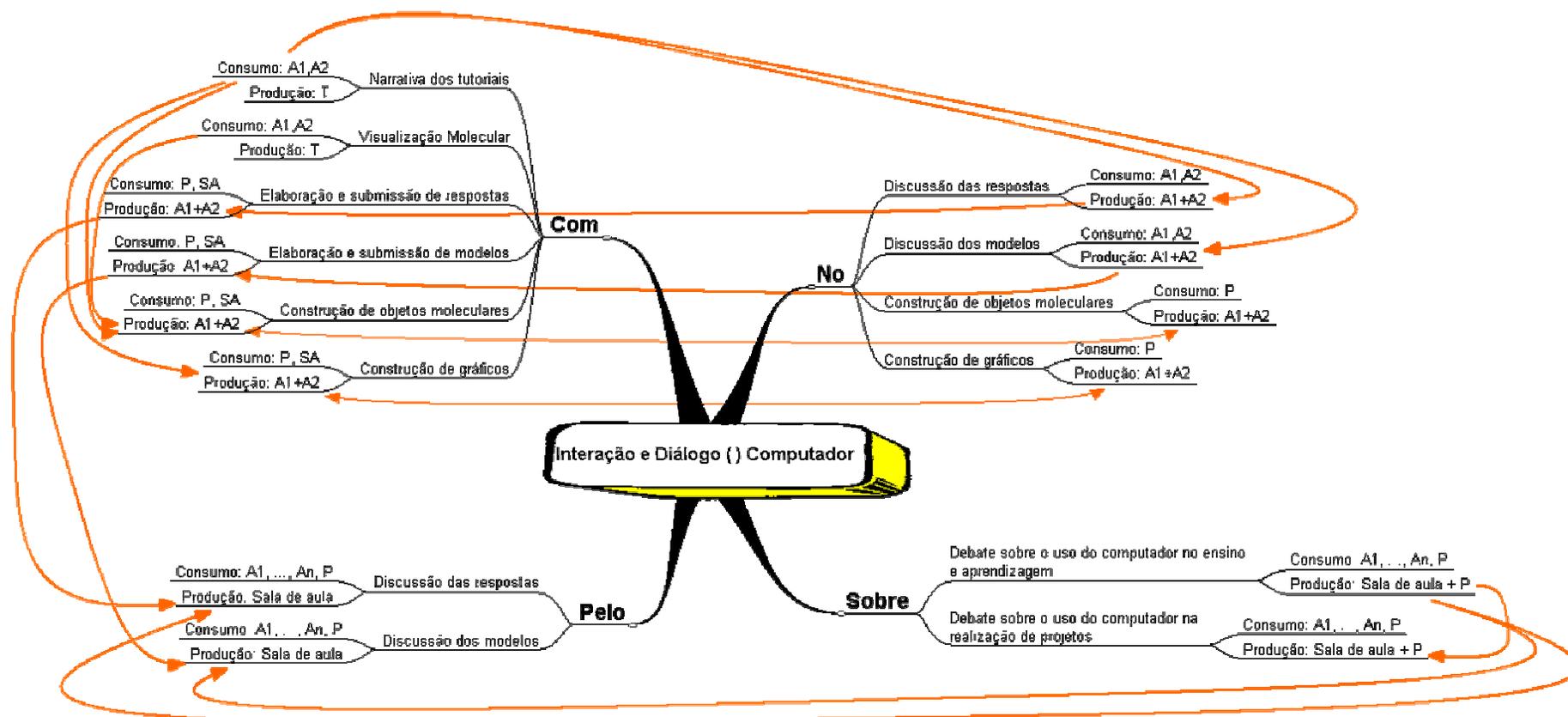
Outras relações entre as produções realizadas pelos alunos *com* e *no* computador também estão indicadas na Figura 7.1 e serão objetos de análise. Tome-se, por exemplo, as discussões de respostas ou de modelos *no* computador, entre os alunos A1 e A2. Estas discussões serão alimentadas pelo consumo da narrativa de um tutorial sobre tópicos da Química Orgânica, o que está indicado na Figura 7.1 por meio de uma seta que parte da interação 'narrativa dos tutoriais' *com* o computador em direção a 'discussão das respostas/modelos' *no* computador. Nessa situação, as interações, cujos registros serão principalmente do tipo oral, alimentarão a elaboração de respostas *com* o computador, ou seja, usando os ambientes de autoria desenvolvidos para elaborar e submeter respostas pela internet, que por sua vez serão registrados em um banco de dados organizado na forma de hipertexto. Este banco de dados de

respostas e modelos produzidos pelos alunos alimentará as discussões sobre as respostas e modelos que desta vez serão realizadas *pelo* computador. Na Figura 7.1, essa relação é representada pela seta que parte da interação *com* o computador para a interação *pelo* computador.

Consideramos também de interesse investigar as interações que ocorrem em atividades desenvolvidas *sobre* o computador, ou seja, aquelas em que se reflete sobre suas funções nas atividades de ensino e no processo de aprendizagem. Um de seus desdobramentos pode vir a ser aproveitado para investigar os diálogos produzidos por alunos e professores *pelo* computador, conforme indicam as duas setas localizadas no baixo da Figura 7.1. Nos dois ramos inferiores, deveremos focar nossas questões de pesquisa sobre a formação de professores e aspectos da organização do ensino, os quais têm sido majoritariamente investigados pelos nossos colaboradores.

No Capítulo 1, realizamos um exercício de compreensão de princípios e teorias de matriz sociocultural à luz de estudos sobre o uso do computador na sala de aula de ciências, utilizando cerca de 30 mil palavras. Encerramos o texto com a Figura 7.1, que é um exercício de representação da síntese de nossas contribuições para os estudos sobre a elaboração de significados em situações de uso do computador na Educação em Ciências, desde uma perspectiva sociocultural. Com ela, queremos indicar tanto aquilo que já realizamos, quanto o quê nos importa realizar nos próximos anos.

Figura 7.1: Mapa ilustrativo das interações e diálogos produzidos nas situações de investigação da sala de aula.





## Referências.

- Anjos, Edson I. (2004). Modelos mentais e visualização molecular: uma estratégia para ensinar química orgânica. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Araújo-Neto, Waldmir e Giordan, Marcelo. Campos conceituais e sua apropriação na Educação em Química: o papel de Vigotski na teoria de Gérard Vergnaud. VI Congresso Internacional de Aprendizagem Significativa, Madrid, ES, 2006, Submetido.
- Ardac, D., Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching* **41(4)**, p. 317.
- Aristóteles. (1979). *Metafísica*, "Livro A, cap. I". Coleção Os Pensadores. Editora Abril, São Paulo. Orig. pub. no século IV a.c.
- Arroio, Agnaldo e Giordan, Marcelo (2006). O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola* **24**, p. 8-11.
- Bachelard, Gaston (1996). *Formação do Espírito Científico*. Contraponto, Rio de Janeiro. Orig. pub. em 1938.
- Bacon, F (1989). *Novum Organum*. "Aforismo XIX". Coleção Os Pensadores. Nova Cultural, São Paulo, Orig. pub. em 1620.
- Bakhtin, Mikhail M. (1981). *The dialogic imagination: four essays by M.M. Bakhtin*. Ed. M. Holquist. Trad. C. Emerson and M. Holquist. Univ. of Texas Press, Austin.
- Bakhtin, Mikhail M. (Voloshinov) (1997) *Marxismo e Filosofia da Linguagem*, 8ª ed., Hucitec, São Paulo. Orig. pub. em 1929.
- Bakhtin, Mikhail M. (2000). *Estética e criação verbal*. 3ª ed. Martins Fontes, São Paulo.
- Bakhtin, Mikhail M. (2002) *Problemas da Poética de Dostoievski*. 3ª ed., Editora Forense Universitária. São Paulo. Orig. pub. em 1929.
- Bakhtin, Mikhail M. (2004) *O freudismo: um esboço crítico*. Ed. Perspectiva, São Paulo. Orig. pub. em 1927.

- Barnea, N., and Dori, Y. J. (1996). Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* **36**, p. 629-636.
- Barnea, N., and Dori, Y. J. (1999). High School chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. *Journal of Science Education and Technology* **8(4)**, p. 257-271.
- Barnes, Douglas and Todd, Frankie (1977). *Communication and Learning in small groups*. Routledge and Kegan Paul. London, UK.
- Barnes, Douglas and Todd, Frankie (1995). *Communication and learning revisited*. Boynton/Cook Pub. Portsmouth, USA.
- Baron, N.S. (1998). Letters by phone or speech by other means: the linguistics of e-mail. *Language and Communication* **18**, p. 133-170.
- Belintane, Claudemir. (2002). Por uma ambiência de formação contínua de professores. *Cadernos de Pesquisa* **117**, p. 177-193.
- Bell, P. and M. Lin (2000). Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education* **22**, p. 797-817.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1987). Students' visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry* **July**, p. 117-120.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in Chemistry* **May**, p. 89-92.
- Bezzi, A. (1991). A Macintosh program for improving three dimensional thinking. *Journal of Geological Education* **39**, p. 284-288.
- Bowen, C.W. (1998). Item design considerations for computer-based testing of student Learning in chemistry. *Journal of Chemical Education* **75**, p. 1172-1175.
- Brait, Beth (org.) (2005a). *Bakhtin: dialogismo e construção de sentido*. 2ª ed., Ed. UNICAMP, Campinas.
- Brait, Beth (2005b). Bakhtin e a natureza constitutivamente dialógica da linguagem. Em Brait, Beth (org.). *Bakhtin: dialogismo e construção de sentido*. 2ª ed., Ed. UNICAMP, Campinas, p. 87-98.

- Brasil (1999). Programa Nacional de Informática. Secretaria de Educação a Distância - MEC. Disponível em [www.proinfo.gov.br](http://www.proinfo.gov.br), último acesso 19/11/2003
- Breton, P. (1991). História da informática. Editora UNESP, São Paulo.
- Burke, Kenneth. (1969). A grammar of motives. Univ. California Press. Berkeley, USA.
- Burke, Kenneth. (1973). The philosophy of literary form. 3ª edição. Univ. California Press. Berkely, USA.
- Candela, Antonia. (1998). A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. In 'Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula', Coll, C. e Edwards, D. (org.). Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, p. 143-169.
- Candela, Antonia. (1999). Students' power in classroom discourse. *Linguistics and Education* **10**(2), p. 139-163.
- Capechi, Maria C.V.M. e Carvalho, Anna M.P. (2000). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências* **5**(3). Disponível em [www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm). Última acesso em 05/04/2006.
- Cárdenas, Juan M.F. (2004). The appropriation and mastery of cultural tools in computer supported collaborative practices. PhD thesis. Faculty of Education and Language Studies. The Open University, Milton Keynes, UK.
- Cazden, Courtney B. (2001). The language of teaching and learning. 2<sup>nd</sup> ed., Heinemann, Portsmouth. USA.
- Clark, J. M. and Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review* **3**, p. 149-210.
- Clements, D.H. (1985). Research in Logo in education: is the turtle slow but steady or not even in the race? *Computers in the Schools* **2**(2-3), p. 55-71.
- Cohen, K.C. (1997). Internet links for science education: student-scientist partnerships. Plenum, New York.
- Coll, César. e Edwards, Derek. (org.). (1998). Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula. Ed. Artes Médicas, Porto Alegre.

- Comte, Augusto. (1983). Curso de Filosofia Positiva. Coleção Os Pensadores. Editora Abril, São Paulo, 1983, Orig. pub. em 1842.
- Copolo, C.F. and Hounshell, P.B. (1995). Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, **4(4)**, p. 295-305.
- Costa, Elizabete L. (2004). Análise das interações discursivas de uma seqüência introdutória de ensino-aprendizagem do conceito de substância. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Costa, Elizabete L.; Giordan, Marcelo. (2005) Concepção de ciência do professor, discurso e elaboração de significado em aula. In: VII Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias, Granada, ES. Livro de resumos, **1**, p. 1-4.
- Cronjé, J.C. (2001). Metaphors and models in internet-based learning. *Computers and Education* **37**, p. 241-256.
- Crook, Charles (1992). Young children's skill in using a mouse to control a graphical computer interface. *Computers and Education* **19**, p. 199-207.
- Crook, Charles (1994). Computers and the collaborative experience of learning. Routledge, London.
- Crystal, David (2001). *Language and the Internet*. Cambridge University Press, Cambridge, USA.
- Cuban, L. (1986). Teachers and machines. Teachers College Press, New York.
- Davydov, V.V. e Radzikhovskii, L.A. (1985). Vygotsky's theory and the activity-oriented approach in psychology. In Wertsch, James V. (ed.), Culture, Communication and Cognition. New York, Cambridge Uni. Press, p. 35-65.
- Dawes, Lyn. (1999). "First connections: teachers and the National Grid for Learning." *Computers and Education* **33**, p. 235-252.
- Del Re, G. (1998). Ontological status of molecular structure. *International Journal for Philosophy of Chemistry – HYLE*. **4(2)**, p. 81-103.
- Descartes, R. (1987). Discurso do Método. Coleção Os Pensadores, vol. 1. Nova Cultural, São Paulo. Orig. pub. em 1637.

- Dillon, J.T. (1988a): Questioning and Teaching: a manual of practice. Croom Helm, Sydney.
- Dillon, J.T. (org.) (1988b): Questioning and Discussion: a multidisciplinary study. Ablex Pub. Corp. Norwood, USA.
- Drenoyianni, H. and Selwood, I.D. (1998). Conceptions or misconceptions? primary teachers' perceptions and uses of computers in the education. *Education and Information Technologies* **3**, p. 87-99.
- Duarte, Newton. (2000). A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco: a dialética em Vigotski e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. *Educação & Sociedade* **71**, p. 79-115.
- Durán, Débora (2003). Professores no ciberespaço: reflexões sobre os impactos da Internet e os processos de transformação na escola, na formação continuada e na prática docente. Dissertação de Mestrado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Durham, M.E. (1997): Secondary Science Teachers' Response to Student Questions. *Journal of Science Teacher Education* **8(4)**, p. 257-267.
- Edwards, Derek and Mercer, Neil M. (1987). Common Knowledge: the development of understanding in the classroom. Routledge. London, UK.
- Edwards, A.D. and Westgate, D.P.G. (1994). Investigating Classroom Talk. Falmer, London.
- Eichler, Marcelo L. e Del Pino, José C. (2006). Ambientes virtuais de aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental. Editora da UFRGS, Porto Alegre.
- Eisenstein, Elizabeth L. (1998). *A revolução da cultura impressa*. Ática, São Paulo.
- Fischer, E. (1997). Educationally important types of children's talk. In Computers and talk in primary classroom. R. Wegerif and P. Scrimshaw (Ed.) Multilingual Matters Ltd., London, UK
- Gabel, D.L. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In Fraser, B.J., and Tobin, K.G. (Eds.). In 'International Handbook of Science Education', Kluwer Academic Publishers, London, p. 233-248.

- Gabel, D. L. and Bunce, D. M. (1991). Improving chemistry achievement through emphasis on the particulate nature of matter. *Proceedings of the 64<sup>th</sup> Annual NARST Conference*. Lake Geneva, USA.
- Gabel, D.L., and Bunce, D. M. (1994) Research on problem solving: chemistry. In Gabel, D. L. (Ed.), In 'Handbook of research on Science Teaching and Learning', Macmillan, New York, USA, p. 301-326.
- Gabel, D.L., Briner, D., and Haines, D. (1992). Modeling with magnets – A unified approach to chemistry problem solving. *The Science Teacher March*, p. 58-63.
- Gabel, D., & Sherwood, R. (1980). The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to Piagetian level. *Journal of Science Teaching*, **17(1)**, p. 75-81.
- Garnet, P.J., Garnet. P.J., and Hacking, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education* **25**, p. 69-95.
- Garner, R. and Gillingham, M.G. (1996). Internet communication in six classroom: converstations across time, space, and culture. Mahwah, Lawrence Erlbaum New Jersey, USA.
- Giordan, Marcelo (1998a). Ferramentas de Busca na Web. *Química Nova na Escola* **7**, p. 15-16,
- Giordan, Marcelo. (1998b). Correio e Bate-papo: A Oralidade e a Escrita Ontem e Hoje. *Química Nova na Escola* **8**, p. 17-19.
- Giordan, Marcelo. (1999). O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola* **10**, p. 43-49.
- Giordan, Marcelo. (2000). O programa Brasileiro para a Sociedade da Informação e suas bases educacionais. *Jornal da USP* **506**, p.8.
- Giordan, Marcelo. (2001). Metodologia de Ensino de Química via Telemática. Disciplina de Graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Giordan, Marcelo. (2003). The role of IRF exchanges in the discursive dynamics of e-mail tutored interactions. *International Journal of Educational Research* **39**, p. 817-827.
- Giordan, Marcelo. (2004). Tutoring through the internet: how students and teachers interact to construct meaning. *International Journal of Science Education* **26 (15)**, p. 1875-1894.
- Giordan, Marcelo. (2005a). A internet vai à escola: domínio e apropriação de ferramentas culturais. *Educação e Pesquisa* **31(1)**, p. 57-78.
- Giordan, Marcelo. (2005b). O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência e Educação* **11(2)**, p. 279-304.
- Giordan, Marcelo. (2006). Algumas questões técnicas e metodológicas sobre o registro da ação na sala de aula: captação e armazenamento digitais. In: Santos, Flávia M.T.; Greca, Ileana M.R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ed. Unijuí, Ijuí, p. 213-237.
- Giordan, Marcelo e Góis Jackson. (2005). Telemática educacional e ensino de química: considerações em torno do desenvolvimento de um construtor de objetos moleculares. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa* **3(2)**, p. 41-59.
- Giordan, Marcelo; Góis, Jackson; Tori, Romero; Bianchini, Roberto; Montes, Taciana; Correa, Yuri; Bernardes, João (2004). Visualização de objetos moleculares: interfaces de ensino, pesquisa e extensão entre a Educação em Química e a Engenharia de Software. In: XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Manaus. Anais do XV SBIE, p. 687-689.
- Giordan, Marcelo e Mello, Irene C. (2000). Educação aberta na Web: serviços de atendimento aos estudantes. *Química Nova na Escola* **12**, p. 8-10.
- Giordan, Marcelo and Mello, Irene C. (2001). Tutoring through telematics in teaching and learning chemistry. 6<sup>th</sup> European Conference on Research in Chemical Education, Aveiro, PT.

- Graesser, A.C.; Person, N.K. and Huber, J. (1992). Mechanisms that generate questions. In Lauer, T.W.; Peacock, E. and Graesser, A.C. (Ed). 'Questions and information systems'. Erlbaum, Hillsdale, USA, p. 167-187.
- Graesser, A.C. and Person, N.K. (1994). Question asking during tutoring. *American-Educational-Research-Journal* **31(1)**, p. 104-137.
- Gredler, M.E. (1996). Educational games and simulations: a technology in search of a (research) paradigm. In Handbook of research for educational communications and technology. D. H. Jonassen (Ed.). Macmillan, New York, p. 521-540.
- Griffiths, A.K., & Preston, K.R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics at atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, **29(6)**, p. 611-628.
- Hall, J.K. (1998). Differential teacher attention to student utterances: the construction of different opportunities for learning in the IRF. *Linguistics and Education* **9(3)**, p. 287-311.
- Hall, Rogers. (2000). Videorecording as theory. In *Handbook of research design in mathematics and science education*, Kelly e Lesh, (eds). Lawrence Erlbaum, London, UK, p. 647-664.
- Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education* **80(5)**, p. 509-534.
- Herrenkohl, L.R. and Guerra, M.R. (1998). Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Cognition and Instruction* **16(4)**, p. 431-473.
- Herrenkohl, L.R. and Wertsch, J.V. (1999): The use of cultural tool: mastery and appropriation. In Siegel, I.E. (Ed.). 'Development of Mental Representation'. Lawrence Pub. Mahwah, USA.
- Herring, Susan C. (1996) (Ed.). Computer mediated communication: linguistic, social and cross-cultural perspectives. John Benjamins, Philadelphia, USA.
- Hicks, D. (1995). Discourse, Learning, and Teaching. *Review in Research Education* **21**, p. 49-95.

- Hoadley, C.M. and Linn, M.C. (2000). Teaching science through online, peer discussions: SpeakEasy in the Knowledge Integration Environment. *International Journal of Science Education* **22(8)**, p. 839-857.
- Hoffmann, R., and Lazlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie* **30**, p. 1-16.
- Hogan, K., Nastasi, B.K. and Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction* **17(4)**, p. 379-432.
- Holquist, Michael and Caryl Emerson (1981). Glossary. In M.M. Bakhtin, *The dialogic imagination: four essays by M.M. Bakhtin*. Ed. M. Holquist. Trad. C. Emerson and M. Holquist. Univ. of Texas Press, Austin.
- Hughes, M. (1990). Children's computation. In *Understanding Children*, R. Grieve and M. Hughes (Ed.). Basil Blackwell, Oxford, UK.
- Ingram, A.L., Hathorn, L.G. and Evans, A. (2000). Beyond chat on the internet. *Computers & Education* **35**, p. 21-35.
- Johnson, C.M. (2001): A survey of current research on online communities of practice. *Internet and Higher Education* **4**, p. 45–60.
- Jonassen, D.H. and Reeves, T.C. (1996). Learning with technology: using computers as cognitive tools. In *Handbook of research for educational communications and technology*. Jonassen, D. H. (Ed.). Macmillan, New York, USA, p. 693-719.
- Jonstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computerized Assisted Learning* **7**, p. 75-83.
- Jonstone, A.H. (1993). The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education* **70**, p. 701-704.
- Jorba, Jaume; Gómes, Isabel y Prat, Àngels (ed.) (2000). *Hablar y escribir para aprender*. Editorial Síntesis, Madrid, ES.
- Keig, P.F and Rubba, P.A. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and

- specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, **30(8)**, p. 883-903.
- Kelly, Anthony E. and Lesh, Richard A. (eds.) (2000). *Handbook of research design in mathematics and science education*. Lawrence Erlbaum, London. UK
- Kelly, G.J. and Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching* **33(7)**, p. 693-707.
- Kelly, G.; Crawford, T. and Green, J. (2001). Common task and uncommon knowledge: dissenting voices in the discursive construction of physics across small laboratory groups. *Linguistics and Education* **12(2)**, p. 135-174.
- Kernighan, B., Ritchie, D. (1988). *The C programming language*, Prentice Hall. New York, USA.
- Kiser, L. (1990). Interaction of spatial visualization with computer enhanced and traditional presentations of linear absolute value inequalities. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* **10**, p. 85-96.
- Korenman, Joan and Wyatt, Nancy (1996). Group dynamics in an e-mail forum. In S. Herring (Ed.). *Computer mediated communication: linguistic, social and cross-cultural perspectives*. John Benjamins, Philadelphia, USA, p. 225-242.
- Kozma, R.B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research* **61**, p. 179-211.
- Kozma, R.B., and Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching* **34**, p. 949-968.
- Kozma, R.B., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of presentations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. *Journal of the Learning Sciences*, **9(2)**, p. 105-143.
- Kozma, R.B., Russell, J., Jones, T., Marx, N., & Davis, J. (1996). The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In Vosniadou, R.G.S.; DeCorte, E. and Mandel, H. (Eds.) 'International

- perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments'. Erlbaum, Hillsdale, USA, p. 41-60.
- Kumpulainen, K. (1996). The nature of peer interaction in the social context created by the use of word processors. *Learning and Instruction* **6(3)**, p. 243-261.
- Kynigos, C. (2002). Generating cultures form mathematical microworlds development in a multi-organizational context. *Journal of Educational Computing Research* **27**, p.182-211.
- Lacerda Santos, Gilberto (2003). A internet na escola fundamental: sondagem de modos de uso por professores. *Educação e Pesquisa* **29(2)**, p. 303-312).
- Lang, M. (2000). Teacher development of computer use in education in Germany. *Education and Information Technologies* **5(1)**, p. 39-48.
- de Laplane, Adriana L.F (2000). Interação e silêncio na sala de aula. *Caderno Cedes* **50**, 55-69.
- Laszlo, P. (1995). A palavra das coisas ou a linguagem da química. Gradiva, Lisboa, PT.
- Lemke, Jay L. (1990). Talking science: language, learning, and values. Ablex, Norwood, USA.
- Lesh, Richard A e Lehrer, Richard. (2000). Iterative refinement cycles for videotape analyses of conceptual change. In *Handbook of research design in mathematics and science education*, Kelly e Lesh, (eds). Lawrence Erlbaum, London, UK, p. 665- 708.
- Ligorio, B. (2001): Integrating communication formats: synchronous versus asynchronous and text-based versus image. *Computers & Education* **37**, p. 103-125.
- Littleton, K. and Wegerif, R. (2003). Special issue on deliberation with computers: exploring the distinctive contribution of new technologies to collaborative thinking and learning. *International Journal of Educational Research* **39**, p. 787-791.
- Losee, J. (1979). Introdução Histórica à Filosofia da Ciência. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte.

- Lotman, Yuri M. (1988). Text within a text. *Soviet Psychology* **26(3)**, p. 32-51.
- Lotman, Yuri M. (1990). Universe of the Mind. I.B. Tauris, London.
- Macedo, Maria S.A.N. e Mortimer, Eduardo F. (2000). A dinâmica discursiva na sala de aula e a apropriação da escrita. *Educação e Sociedade* **72**, p. 153-173.
- Machado, Andrea H. (1999). Aula de Química. Ed. Unijui, Ijuí.
- Mason, L. (1998). Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: the role of oral and written discourse. *Instructional Science* **26**, p. 359-389
- Mayer, Richard E. (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. *Journal of Educational Psychology* **81**, p. 240-246.
- Mayer, Richard E. and Anderson, Richard B. (1992). The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology* **84(4)**, p. 444-452.
- Mayer, Richard E.; Bove, William; Bryman, Alexandra; Mars, Rebeca and Tapangco, Lene. (1996). When less is more: meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lesson. *Journal of Educational Psychology* **88(1)**, p. 64-73.
- Mayer, Richard E. and Moreno, Roxana (1998). A split-attention effect in multimedia learning: evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology* **90(2)**, p. 312-320.
- Mayer, Richard E. and Sims, Valerie K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology* **86(3)**, p. 389-401.
- Meagher, M.E. and F. Castaños (1996). Perceptions of American Culture: the impact of an electronically-mediated cultural exchange program on Mexican high school students. In Computer-mediated communication: linguistic, social and cross-cultural perspectives. S. C. Herring (Ed.). John Benjamins Pub Co, p Philadelphia, USA, 187-202.
- Mehan, H. (1979). Learning Lessons. Harvard Press, Cambridge, USA.

- van der Meij, H. and K. Boersma (2002). E-mail use in elementary school: an analysis of exchange patterns and content. *British Journal of Educational Technology* **33(2)**, p. 189-200.
- Meleiro, Alessandra e Giordan, Marcelo (1999). Hipermídia no Ensino de Modelos Atômicos. *Química Nova na Escola* **10**, p. 17-20.
- Mello, Irene C. (2003). Sobre os ambientes telemáticos de ensino não-presencial. Tese de Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Mercer, Neil, M. (1997). La construcción guiada del conocimiento. Paidós, Barcelona.
- Mercer, Neil M. (1998). As perspectivas socioculturais e o estudo do discurso em sala de aula. In Coll, C. e Edwards, D. (org.). 'Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula'. Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, p. 13-28.
- Mercer, Neil M.; Wegerif, Ruppert and Dawes, Lyn. (1999): Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British Educational Research Journal* **25(1)**, p. 95-111.
- Mortimer, Eduardo F. (1995). Concepções Atomistas dos Estudantes. *Química Nova na Escola* **1**, p. 23-26.
- Mortimer, Eduardo F. (1998): Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education* **20(1)**, p. 67-82.
- Mortimer, Eduardo F. (2000). Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Ed. UFMG, Belo Horizonte.
- Mortimer, Eduardo. F. e Carvalho, Anna .M.P. (1996). Referenciais Teóricos para Análise do Processo de Ensino de Ciências. *Caderno de Pesquisas* **96**, p. 5-14.
- Mortimer, Eduardo F.; Machado, Andrea H. e Romanelli, Lilavate I. (2000). A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova* **23(2)**, p. 273-283.
- Mortimer, Eduardo F. e Scott, Phillip H. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o

- ensino. *Investigações em Ensino de Ciências* **7(2)**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- Mortimer, Eduardo F. and Scott, Phillip H. (2003). Making meaning in secondary science classrooms. Open Univ. Press. Maidenhead, UK.
- Mortimer, Eduardo F. e Smolka, Ana L.B. (Ed.) (2003). Anais II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição. Belo Horizonte.
- Mory, E.H. (1996). Feedback Research. In Handbook of research for educational communications and technology. D. H. Jonassen (Ed.). Macmillan, New York, USA, p. 919-956.
- Nurrenbern, S.C. and Robinson, W.R. (1997). Cooperative Learning: A Bibliography. *Journal of Chemical Education* **74(6)** 623-624.
- Nye, M.J. (1993). From chemical philosophy to theoretical chemistry: University of California Press, Berkeley, USA.
- Otero, J. and Graesser, A.C. (2001). PREG: Elements of a Model of Question Asking. *Cognition and Instruction* **19(2)**, p. 143-175.
- Palincsar, A.S. and Brown, A.L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension-fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition and Instruction* **1(2)**, p. 117-175.
- Palumbo, D.B. (1990). Program language/problem solving research: a review of relevant issues. *Review of Educational Research* **60**, p. 65-89.
- Paivo, A. (1986). Mental representations: a dual-coding approach. Oxford Uni Press, New York, USA.
- Papert, S. (1985). Logo: computadores e educação. Brasiliense, São Paulo.
- Papert, S. (2002). The turtle's long slow trip: marco-educological perspectives on microworlds. *Journal of Educational Computing Research* **27**, p. 7-27.
- Pelgrum, W.J. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. *Computers & Education* **37**, p. 163-178.
- Pinheiro, Paulo C. and Giordan, Marcelo. The cultural knowledge of Brazilian makers of ash soap expressed by an ethnographic hypermedia narrative designed to develop intercultural activities in chemistry class. In: FIRST ISCAR CONGRESS, 2005, Sevilla. Livro de resumos. 2005. v. 1, p. 1-1

- Pino, Angel. (2000). O social e o cultural na obra de Lev S. Vigotski. *Educação e Sociedade* **71**, p. 45-78.
- Ponder, J.W. and Richards, F.M. (1987). Tinker Molecular Modeling Package. *Journal of Computational Chemistry* **8**, 1016-1024.
- Ramakrishnan, Raghu. (2002). Data and knowledge in database systems: relational databases. Em Handbook of data mining and knowledge discovery, Klösgen, Willi and Zytkow, Jan M (ed). Oxford University Press, Inc., New York, USA, p. 73-78.
- Ramirez, Juan D. e Wertsch, James V. (1998). Retórica e alfabetização: as funções do debate na educação de adultos. In Coll, C. e Edwards, D. (org.). 'Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula'. Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, p. 201-222.
- Ravenscroft, A. (2000). Designing argumentation for conceptual development. *Computers in Education* **34**, p. 241-255.
- Reed, S.K. and Jazo, L. (2002). Using multiple representation to improve conceptions of average speed. *Journal of Educational Computing Research* **27**, p.147-166.
- Ribeiro, A.A. e Greca, I.M. (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em Educação Química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova* **26(4)**, p. 542-549.
- Rieber, L.P. (1990). Animation in computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development* **38**, p. 77-86.
- Rojo, Roxane H.R. (1999). Agir, obedecer e as formas de dizer a ação: as interações familiares na construção das ações, da linguagem e do sujeito social. *D.E.L.T.A.* **15(2)**, 237-267.
- Roschelle, Jeremy. (2000) Choosing and using video equipment for data collection. *Handbook of research design in mathematics and science education*, Kelly, R. and Lesh, R. (eds).Lawrence Erlbaum, London, UK, p. 709-731.
- Roth, Wolff-Michael. (2005). Talking Science: language and learning in science classrooms. Rowman and Littlefield Inc. Lanham, USA.

- Roth, Wolff-Michael, Woszczyzna, Carolyn and Smith, Gillian (1996). Affordances and constraints of computers in science education. *Journal of Research in Science Teaching* **33(9)**, p. 995-1017.
- Russell, G. and Bradley, G. (1997). Teachers' computer anxiety: implications for professional development. *Education and Information Technologies* **2**, p. 17-30.
- Russel, J. and Kozma, R. (1994). 4M:Chem-multimedia and mental models in chemistry. *Journal of Chemical Education* **71**, p. 669-670.
- Sarama, J. and Clements, D.H. (2002). Design of microworlds in mathematics and science education. *J. Educational Computing Research* **27**, p. 1-5.
- Sawyer, B.A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, **67**, p. 253-254.
- Schnetzler, Roseli P. e Aragão, Rosária M.R. (1995). Importância, Sentido e Contribuições de Pesquisas para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola* **1**, p. 27-31.
- Seddon, G.M., and Moore, R.G. (1986). An unexpected effect in the use of models for teaching the visualization of rotation in molecular structures. *European Journal of Science Education* **8**, p. 79-86.
- Seddon, G. M., Shubber, K. E., (1985). The effects of color in teaching the visualization of rotation in diagrams of three dimensional structures. *British Educational Research Journal* **11**, p. 227-239.
- Selwyn, N. (1999). Students' attitudes towards computers in sixteen to nineteen education. *Education and Information Technologies* **4(2)**, p. 129-141.
- Sheremetov, L. & Arenas, A.G. (2002). EVA: an interactive Web-based collaborative learning environment. *Computers & Education* **39**, p. 161-182.
- Shute, V.J. and J. Psocka (1996). Intelligent tutoring systems: past, present and future. In Handbook of research for educational communications and technology. D. H. Jonassen (Ed.). Macmillan, New York, p. 570-600.
- Sinclair, J.McH. & Coulthard, R.M. (1975). Towards an analysis of discourse: the English used by teachers and pupils. Oxford Univ. Press, London.

- Smit, K. and Metz, P., (1996). Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. *Journal of Chemical Education*, **73**, p. 233-235.
- Smolka, Ana, L.B., Goes, Maria C.R. and Pino, Angel (1995). The construction of the subject: persistent question. In Wertsch, J.V.; del Río, P and Alvarez, A. (Ed.). *Sociocultural studies of the mind*. Cambridge Univ., Press, Cambridge, USA. p. 165-186.
- Solomonidou, C. and H. Stravidou (2001). Design and development of a computer learning environment on the basis of students' initial conceptions and learning difficulties about chemical equilibrium. *Education and Information Technologies* **6(1)**, p. 5-27.
- Somekh, B. (2000). New technology and Learning: policy and practice in the UK, 1980-2010. *Education and Information Technologies* **5(1)**, p. 19-37.
- Spector, T.J. (2003). The aesthetics of molecular representation: from the empirical to the constitutive. *Foundations of Chemistry* **5**, p. 215-236.
- Stenvenson, I. (2002). Microworlds and direct manipulation environments: the case of newtonian mechanics. *Journal of Educational Computing Research* **27**, p. 167-183.
- Talley, L. (1973). The use of three-dimensional visualization as a moderator in the higher cognitive learning of concepts in college level chemistry. *Journal of Research in Science Education*, **10(3)**, p. 263-269.
- Tao, Ping-Kee and Gustone, Richard, F. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education* **21(1)**, p. 39-57.
- Todorov, Tzvetan (1984). *Mikhail Bakhtin: the dialogical principle*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Tontini, Andrea (2004). On the limits of chemical knowledge. *International Journal for Philosophy of Chemistry* **10(1)**, p. 23-46.
- Tuckey, H., Selvaratnam, M., Bradley, J., (1991). Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation and reflection. *Journal of Chemical Education*, **68(6)**, p. 460-464.

- Vigotski, Lev S. (1981a). The genesis of higher mental functions. In 'The Concept of Activity in Soviet Psychology', J.V. Wertsch (ed.), ME Sharpe Pub., New York, p. 144-188. Orig. pub. em 1931.
- Vigotski, Lev S. (1981b). The instrumental method in psychology. In 'The Concept of Activity in Soviet Psychology', J.V. Wertsch (ed.), ME Sharpe Pub., New York, p. 134-143. Orig. pub. em 1931.
- Vigotski, Lev S. (1991). El significado histórico de la crisis de la psicología: una investigación metodológica. Obras Escogidas. Tomo I. Visor e MEC, Madrid, p. 257 - 477. Orig. pub. em 1927.
- Vigotski, Lev S. (1993). Pensamiento y lenguaje. Em Obras Escogidas, Tomo II. Visor e MEC, Madrid, p. 9-348. Orig. pub. em 1934.
- Vigotski, Lev S. (1995). Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores. Em Obras Escogidas, tomo III. Visor e MEC, Madrid. Orig. pub. em 1931.
- Vigotski Lev S. (1996). Paidologia del adolescente. Em Obras Escogidas, Tomo IV. Visor e MEC, Madrid, p. 9-248. Orig. pub. em 1931.
- Vigotski, Lev S. (2000) Psicologia concreta do homem. *Educação & Sociedade* **71**, p. 23-44. Manuscrito orig. pub. em 1929.
- Vigotski, Lev S. (2001). A construção do pensamento e da linguagem. Martins Fontes, São Paulo. Orig. pub. em 1934.
- Wainwright, Camille L. (1989). The effectiveness of a computer-assisted instruction package in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching* **26(4)**, p. 275-290.
- Wegerif, Ruppert (1998). The social dimensions of asynchronous learning networks. *Journal of Asynchronous Learning Network* **2(1)**, p. 34-49.
- Wegerif, Ruppert. (2003). Thinking Skills, Technology and Learning: A review of the literature for NestaFutureLab. Mimeo. Milton Keynes, UK.
- Wegerif, Ruppert and Mercer, Neil M. (1996). "Computers and reasoning through talk in the classroom." *Language and Education* **10(1)**, p. 47-64.
- Wegerif, Ruppert and Scrimshaw, Peter (Ed.) (1997). Computers and talk in primary classroom. Multilingual Matters Ltd., London.

- Wells, Gordon. (1993). Reevaluating the IRF sequence: a proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education* **5**, p. 1-37.
- Wells, Gordon, (1998). Da adivinhação à previsão: discurso progressivo no ensino e na aprendizagem de ciências. Em Coll, C. e Edwards, D. (org.). 'Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula'. Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, p. 107-42.
- Wells, Gordon. (1999). Dialogic inquiry. Cambridge Univ. Press, Cambridge, USA.
- Wertsch, James V. (ed.) (1981). The concept of activity in Soviet psychology. ME Sharpe Pub., New York.
- Wertsch, James V. (1985a). Vygotsky and the social formation of the mind. Harvard Uni. Press, Cambridge, USA.
- Wertsch, James V. (ed.). (1985b) Culture, Communication and Cognition: Vygotskian perspectives. Cambridge Uni. Press, New York, USA
- Wertsch, James V. (1991). Voices of the mind. Harvard Univ. Press, Cambridge, USA.
- Wertsch, James V. (1998). Mind as action. Oxford Univ. Press, New York, USA.
- Wertsch, James V. (2002a). Voices of collective remembering. Cambridge Univ. Press, New York, USA.
- Wertsch, James V. (2002b). Computer mediation, PBL, and dialogicality. *Distance Education* **23(1)**, p. 105-108.
- Wertsch, James V. (2003). Commentary on: deliberation with computers: exploring the distinctive contribution of new technologies to collaborative thinking and learning. *International Journal of Educational Research* **39**, p. 899-904.
- Wertsch, James V.; del Río, Pablo and Alvarez, Amelia. (Ed.) (1995). Sociocultural studies of the mind. Cambridge Uni. Press, Cambridge, USA.
- Wilens, W.W. (1988): Review of Pedagogical Perspectives. In Dillon, J.T. (ed.), 'Questioning and Discussion: a multidisciplinary study'. Ablex Pub. Corp., Norwood, USA.

- Wiley, S.E. (1990). Computer graphics and the development of visual perceptions in engineering graphics curricula. *Engineering Design Graphics Journal* **54(3)**: 39-43.
- Williamson, V.M and Abraham, M.R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching* **32**, p. 521-534.
- Wills, Graham J. (2002). Visualization. In Handbook of data mining and knowledge discovery, Klösgen, Willi and Zytkow, Jan M (ed). Oxford University Press, Inc. New York, USA, p. 707-714.
- Wood, David; Bruner, Jerome. S. and Ross, Gail. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* **17**, p. 89-100.
- Wu, H., Krajcik, J.S. and Soloway, J. (2001). Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching* **38(7)**, p. 821-842.
- Yamalidou, M. (2001). Molecular representations: building tentative links between the history of science and the study of cognition. *Science & Education* **10**, p. 423-451.
- Yates, S.J. (1996). Oral and written linguistic aspects of computer conferencing. In Computer mediated communication: linguistic, social and cross-cultural perspectives. S. Herring (Ed.). John Benjamins, Philadelphia, USA, p. 29-46.
- Yerrick, Randy. (1996). Microcomputers as powerfull tools for naturalistic inquiry. *Electronic Journal of Science Education* **1(1)**. Disponível em <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>, último acesso 24/10/2004.
- van Zee, E.H., M. Iwasyk, A. Kurose, D. Simpson and J. Wild (2001). Student and Teacher Questioning during Conversations about Science. *Journal of Research in Science Teaching* **38(2)**, p. 159-190.
- Zinchenko, Vladimir P. (1985). Vygotsky's ideas about units for the analysis of mind. In Wertsch, James V. (ed.), Culture, Communication and Cognition. Cambridge Uni. Press, New York, USA, p. 94-118.
- Zinchenko, Vladimir P. (1995). Cultural-historical psychology and the psychological theory of activity: retrospect and prospect. In Wertsch, J.V.; del Río, P. and

Alvarez, A. (Eds.) Sociocultural studies of the mind. Cambridge Uni. Press, Cambridge, USA, p. 37-55.

Ziv, Oren (1996). Writing to work: how using e-mail can reflect technological and organizational change. In S. Herring (Ed.). Computer mediated communication: linguistic, social and cross-cultural perspectives. John Benjamins, Philadelphia, USA, p. 243-264.