

# **Geociências no Ensino Fundamental e a formação de professores: o papel dos trabalhos de campo**

**Disciplina: Práticas de campo no ensino de ciências naturais**

**MAURÍCIO COMPIANI**

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS AO ENSINO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP

Trabalho apresentado para obtenção do título de Livre-Docência

Novembro 2002

## Introdução

Desde 1981, quando me formei, venho dedicando a minha docência e pesquisa para a melhoria do ensino elementar e secundário, trabalhando, principalmente, com a formação de professores de Ciências e Geografia. Demonstrar, discutir e pesquisar a importância da Geologia/Geociências<sup>1</sup> para estes níveis escolares foi e continua sendo a minha tônica. Trabalhando com os professores fui construindo uma hipótese de que **a Geologia<sup>2</sup> é importantíssima para o desenvolvimento cognitivo das crianças da escola elementar (5ª a 8ª série) e conjuntamente com os trabalhos de campo, cumprem papel distinto da Física, da Química e da Biologia neste nível escolar.** Para testar tal hipótese, trabalhei diretamente com os alunos no estudo de caso desenvolvido para o meu doutorado e, posteriormente, como doutor e coordenador, o projeto “*Geociências e a formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental*”<sup>3</sup> foi a grande experiência até o presente momento fonte de vários dados que corroboram com a minha tese, que pretendo demonstrar nesta Livre-Docência.

Esta minha hipótese choca-se com a maioria dos geólogos e muitos educadores que acreditam seja a natureza sintética e complexa do conhecimento geológico impeditiva para ensinamentos a esta faixa de idade, mesmo, os traços rudimentares de geologia. Da parte dos geólogos, veremos que esta predominante idéia deriva de concepções de ciências e por consequência de um modo de olhar o ensino/aprendizagem deste nível com a cabeça da universidade, ou seja, com os parâmetros hierarquizados e sistematizados da geologia. Esta visão privilegia o corpo organizado de conhecimentos disciplinares e de métodos que se propõe transmitir de maneira racional e técnica, isto é, não aceitam o ensino da geologia antes de sua existência possível como verdadeira disciplina formalizada. É quase impossível discutir com esses geólogos, pois posições irredutíveis sobre o Homem e sobre a criança são tomadas. Juntam-se com muitos educadores que expressam, também, escolas de pensamentos que entendem de modo diverso a relação entre assimilação de informação e o desenvolvimento interno de um conceito científico na mente da criança. Essa predominante visão acredita que os conceitos científicos não têm história interna, isto é, não sofrem qualquer desenvolvimento, mas são absorvidos de forma acabada por um processo de compreensão e assimilação com base

---

<sup>1</sup> Designo Geologia/Geociências aqueles conteúdos de Geologia, Astronomia, Meteorologia, entre outros, que não constam como disciplina no currículo da escola fundamental, mas são abordados em Geografia e Ciências. Também incluímos muitos conteúdos de Geociências que antes eram apenas tratados na Geografia Física e que hoje estão também em Ciências, tais como: Pedologia, Climatologia etc.

<sup>2</sup> É estranho apenas Geologia, mas não vou me atrever a falar da uma epistemologia 'geral' das Geociências que são compostas de várias epistemologias. Pode-se buscar a nível didático traços comuns entre Geologia e Astronomia, por exemplo. Mas esta é uma tarefa que nesta pesquisa eu não me proponho.

<sup>3</sup> Projeto apoiado pela FINEP: 63.96.0785.00, pelo CNPq: 524360/96-0 e pela FAPESP: 96/2566-4.

em operações associativas que desenvolvem a memória e um simples hábito mental de concentração. Mesmo aqueles geólogos que se preocupam com a formação pré-universitária, em sua maioria, trabalham com o ensino secundário, o que acarreta por comodidade ou por posições assumidas de não lidar com o ensino elementar a não visualização das novas possibilidades que se abrem para a ampliação de nossas práticas e idéias sobre educação. Devemos, ao contrário, buscar uma nova postura: mais aberta. Entender que epistemo e psicologicamente os parâmetros para se trabalhar com estas idades são muito diferentes do nosso habitat "a universidade". Precisamos sair da 'casca', isto é, temos o desafio de construir estes parâmetros. Esta visão a ser construída, sem dúvida, aceita a existência de um processo de desenvolvimento interno da criança na vida escolar, mas é importante estar atento para não cair no quase oposto da visão predominante, ou seja, defender que os processos da vida escolar não diferem daqueles de sua experiência cotidiana e que não há sentido em separar estes dois processos e, assim, o ensino chega a ter um papel secundário.

Estudos em todo o mundo apontam que o desenvolvimento de atitudes, a aquisição de conhecimentos e métodos começam muito cedo, já na escola elementar. Assim, aceitemos o desafio para uma postura nova! Se entendemos de fato o escrito nas primeiras linhas desse parágrafo, devemos os articular distintamente da maioria dos geólogos e muitos educadores. Ou seja, a aquisição de conhecimentos é fundamental e inseparável dos métodos e atitudes de sua construção; é inseparável de esquemas conceituais, que por mais simples: prejudgam, iniciam a diferenciação do mundo, indicam um modo de viver e ver o mundo. Os próprios esquemas conceituais são verdadeiros instrumentos de indagação que dirigem nosso olhar do mundo. A cada novo esquema conceitual adquirido temos a reestruturação de toda a estrutura cognitiva existente. Por isso, a atividade de pesquisa que constituem o questionamento, a curiosidade, o desejo de procurar respostas através de sua investigação própria e os intercâmbios entre colegas, deve ser o motor do ensino elementar. Pois ambos processos e produtos são inseparáveis.

As minhas hipóteses indicam que o conhecimento geológico é tão ou mais importante para o ensino elementar do que para o secundário. Por isso temos uma grande tarefa pela frente, já que, praticamente, não existem estudos que se propõem a desenvolver uma nova abordagem da didática da Geologia na escola elementar. O primeiro trabalho, provavelmente, é de Pedemonte (1992), que enumera uma série de problemas cognitivos e epistemológicos para o ensino/aprendizagem de geologia na escola elementar. O estudo aponta as limitações e alerta para poucos pontos possíveis de serem trabalhados na escola elementar. Creio que são necessários estudos sobre o que professores e crianças podem fazer em sala de aula com temas

geocientíficos e devemos avançar para realizá-los. Olhando a pouca bibliografia referente ao assunto temos as abordagens piagetianas que enfatizam os estágios genéticos e as respectivas operações (concretas e formais) a serem realizadas de acordo com os estágios (vide Glenn, 1975 e Lillo & Redonet, 1985). Para os trabalhos mais recentes não está devidamente claro os pressupostos teóricos. Todos pretendem ser construtivistas, mas qual base? Na interface física/geociências temos os trabalhos de Nussbaum (1979); Nussbaum & Novak (1976); Mali & Howe (1979) e Nussbaum & Sharoni-Dagan (1983), que não fazem apenas um esboço de concepções prévias mas apoiam-se e praticam a construção do conhecimento a partir do conflito cognitivo. Thompson, 1986 e Mayer and others, 1992 alertam-nos para a emergência de novas visões. Quase todos fazem levantamentos das concepções prévias em geologia ou geociências, sendo difícil verificar a qual base teórica construtivista pertencem: Happs, 1982a, b, c e 1985; Marques, 1988; Yus & Rebollo, 1988; Jaén & De Pro, 1988; Bezzi, 1989; De Pro & Jaén, 1990; Praia & Marques, 1990; Pedrinaci & Alvarez, 1992; Gallegos, 1992; Yus & Rebollo, 1992 e também encontra-se trabalhos na interface física/geociências: Cohen & Hagan, 1979; Klein, 1982; Sneider & Pulos, 1983; Jones & Lynch, 1987. Poucos autores enfatizam as descobertas das idéias prévias com os mesmos conceitos ao longo da história das ciências (Pedrinaci, 1987 e Granda Vera, 1988).

Devido ao meu forte vínculo com os trabalhos de campo, desde as excursões que participava, com grande afinco, patrocinadas pelo Centro Acadêmico do curso de Geologia (Centro Paulista de Estudos Geológicos - CEPEGE) para o 'batismo' dos calouros em Geologia, os meus primeiros trabalhos e até o presente momento, neste concurso, debruço-me sobre o papel que as atividades de campo em Geologia/Geociências cumprem, principalmente, para a formação de nossas crianças, futuros cidadãos.

**Não é pouco**, acredito que o ensino de Geologia/Geociências, com destaque para os trabalhos de campo, podem contribuir na formação das crianças para a 'alfabetização na natureza' pois estimulam o desenvolvimento de conhecimentos como: intuição e desenvolvimento da linguagem visual, apreciação de formas e estética, raciocínio e representação espacial, raciocínios de causalidade e a narrativa envolvida nos discursos históricos da Geologia/Geociências. Estas idéias estarão sendo desenvolvidas no item: "Contexto, visualidade e narrativas".

Mais complexo ainda, mas de fundamental importância ser enfrentado, no meu modo de ver, já na escola básica e, com um papel imprescindível da Geologia/Geociências, é o tratamento da Terra como uma unidade de estudo devido aos problemas práticos e teóricos postos pela crise sócio-ambiental. Esta tarefa deve ser junta com as demais ciências mas venho

trabalhando para mostrar o quanto a Geologia/Geociências, como ciências naturais, são necessárias pois têm contribuição própria e fundamental, já que diferem da Física, Química e Biologia em sua estrutura conceitual, princípios e metodologia científica. São das mais importantes, ao trabalharem os processos físico-químicos e a matéria inorgânica e orgânica com escalas espaciais e temporais amplíssimas e diversificadas, descrevendo, formulando e explicando a história do planeta por meio dos raciocínios históricos. As ciências históricas destacam-se pelo decisivo papel da lógica narrativa em suas explicações, como também o decisivo papel do contexto. Isso leva também à uma distinta noção do conceito de observação, tão amarrado ao conceito de experimentação em Física e Química e com frágil amarração em Geologia/Geociências. Aquelas são ciências empíricas e hipotético-dedutivas, mais analíticas estas são descritivas e históricas, mais qualitativas. No fazer científico da Geologia/Geociências, a etapa de elaboração de hipóteses e os raciocínios históricos são absolutamente fundamentais. Somente um pequeno desenvolvimento dessa discussão será feito nos itens “Trabalhos práticos no ensino de Geologia/Geociências e “O papel das hipóteses no ensino de ciências”.

Bastante complexo e de importância educacional pedagógica é a concepção de que as atividades de campo podem favorecer a construção de uma visão holística das questões sócio-ambientais ao propiciar: a inter-relação entre ambiente, Geologia e sociedade; a inter-relação de campos de conhecimentos específicos; a integração e organização pedagógica da própria disciplina ou curso.

Dois dos princípios pedagógicos dos DCNs e que norteiam os PCNs que são a contextualização e interdisciplinaridade serão motivo de discussão nessa Livre-Docência. A preocupação de articular os conteúdos com a realidade histórica do educando, e de tornar o plano de ensino contextualizado, potencialmente, pode permitir que o aluno analise e transforme a realidade. Contudo, estas são ações que exigem do professor uma atitude reflexiva diante de sua prática. Esta atitude, como afirma Lüdke (1995), oportuniza ao professor ser participante do saber que se elabora e reelabora a cada momento.

Estas idéias desenvolvemos em nosso projeto de formação continuada para professores do ensino fundamental. Nesse projeto, de algum modo, procuramos tratar e superar algumas características marcantes da formação inicial de professores (adaptado de Brasil, 2001) que são: \* basicamente teórico, enciclopédico e transmissivo; \* com foco exclusivo na docência; \* desconsidera os ‘pontos de partida’, as ‘idéias prévias’ dos alunos/educadores; \* desconsidera a própria prática pedagógica como fonte formadora; \* é centrado na linguagem verbal, prioritariamente escrita; \* prioriza o discurso pedagógico demonstrativo/ilustrativo.

As tradicionais aulas e o livro didático predominantes nas escolas são descontextualizadas e apenas centradas no enciclopedismo das definições, quando há alguns trabalhos práticos são demonstrações ilustrando as teorias já vistas. Ensinam-se repertórios e definições. Essas informações de um modo geral são trabalhadas pelos professores de modo isolado e fragmentado do mesmo modo que as informações se encontram divididas nas unidades e sub-unidades dos livros didáticos. A escola, de um certo modo, ignora a vida, pois idealiza um aluno abstrato, sem tempo e sem espaço. O aluno real, com sua experiência social e individual em sua localidade é ignorado. Por não ter um interlocutor real a escola é incapaz de ocupar o seu lugar de produção de conhecimentos gerido da interação entre o mundo cotidiano e científico. É preciso situar as informações e os dados em seu contexto para que adquiram sentido. Para ter sentido, a palavra necessita do texto, que é o próprio contexto, e o texto necessita do contexto no qual se enuncia. Tudo isso reforça que devemos dar maior atenção à seqüência de um trabalho pedagógico na sala de aula, no qual sejam considerados o acontecimento, a localidade, o contexto e o processo interativo. A sala de aula deve ser um local do diálogo, compartilhamento, complexidade, contextualização e solidariedade. Trabalhos de campo e estudos do meio adquirem relevância como práticas pedagógicas nas escolas.

Há algumas crenças que precisamos começar a discutir. Contexto chama atenção para categorias geocientíficas como territorialidade, localidade, lugar. Em se tratando da localidade, em parte devido ao uso nacional dos livros e em parte devido à crença equivocada que se deve conhecer os conceitos genéricos e que estes são diretamente aplicáveis à localidade, justamente elas não fazem parte do escopo desses livros que reúnem os conteúdos tal qual como fazem os almanaques que priorizam temas gerais e curiosidades. Ao reverso disso temos outra crença equivocada de que na aprendizagem contextualizada o aluno mobiliza competências para solucionar problemas devidamente contextualizados, de maneira a ser capaz de transferir essa capacidade de resolução de problema para outros contextos.

Algumas dessas idéias que são várias contidas nos parágrafos anteriores discutirei nesta Livre-Docência, começando com um ponto primeiro e principal de minhas preocupações e de fundamental relevância para o Brasil que é a “Formação de professores e Geociências”.

## Formação de professores e Geociências

Uma das principais questões do debate em pauta na formação de professores para tratar das questões sócio-ambientais é aquela que envolve a relação dos seres humanos com a natureza pois, segundo nosso ponto de vista, qualquer abordagem que privilegie o tratamento mais integrado do planeta não escapa à discussão sobre a ‘humanização da natureza’ (transformação da natureza pela atividade humana) e a ‘naturalização dos seres humanos’, esta de mais difícil compreensão pois envolve a compreensão da metamorfose do ser humano natural limitado em ser humano natural universal<sup>4</sup>. Tanto a formação de professores quanto a relação entre seres humanos e natureza são, aliás, questões bastante complexas em si mesmas. Meu desafio já consiste em tratá-las e, mais ousado ainda, é tentar a integração da faceta mais prática, que é o exercício da formação de professores, profissionais críticos, frente aos problemas sócio-ambientais.

No atual quadro de globalização, domínio tecnológico e crise sócio-ambiental, acreditamos que haja alguns princípios para a educação que se necessita começar a formular e a praticar em nível o mais global possível. Alguns desses princípios são: i) a educação é um direito de todos, e todos somos aprendizes e educadores; ii) a educação é individual e coletiva, tem o propósito de formar cidadãos com consciência local e planetária que respeitem a autodeterminação dos povos e a soberania das nações; iii) a educação não é neutra, mas ideológica; é um ato político, baseado em valores para a transformação social; iv) a educação deve propiciar que todos trabalhem conflitos de maneira justa e humana; v) a educação deve envolver uma perspectiva holística, enfocando a relação entre o ser humano, a natureza e o universo de forma interdisciplinar. Mais especificamente, parece-nos que muitos concordam com a meta de se buscar a integração de conceitos de meio ambiente e desenvolvimento em todos os programas de ensino, com ênfase na dimensão crítica das causas dos problemas ambientais em um contexto local e suas conexões com o global, a vinculação de dados políticos, técnicos e científicos disponíveis para o entendimento de problemas e o desenvolvimento do aperfeiçoamento e do treinamento dos responsáveis por decisões políticas em todos os níveis.

Iluminado por vários textos, em especial pelo de García (1987), é importante adotar alguns fundamentos ideológicos para a prática e concepção educacional, que resumidamente assinalamos a seguir: i) frente ao educador técnico-especialista, se faz necessária a formação do educador investigador e crítico; ii) frente à hierarquização e centralismo dominantes na estrutura escolar, se propõe um modelo interativo que dê conta da horizontalidade e

---

<sup>4</sup> Ponto de vista baseado em Srour (1978) que se apoiou em Marx.

policentrismo necessários para o tratamento dos problemas sócio-ambientais; iii) frente à fragmentação e à especialização do saber, se propõe a interdisciplinaridade que dê conta dos enfoques de ensino-aprendizagem globalizadores-integradores; iv) frente ao individualismo e à competição, se propõe uma investigação da realidade baseada na confrontação de hipóteses, no trabalho de grupo e em atitudes solidárias e éticas; v) frente à descontextualização do conhecimento escolar, se propõem atividades teórico-práticas calcadas em trabalhos de campo, enfocando dialeticamente o local/global, o particular/geral e o generalizável/histórico; vi) frente a um modelo que fomenta a passividade, se propõe a construção ativa de conhecimentos, a ação, a participação e a tomada de decisões na solução de problemas que têm implicações políticas, sociais e ambientais.

Essas assunções, e a necessidade de torná-las operacionais para um processo de formação docente, conduzem à discussão, num primeiro momento, das concepções de natureza e de educação que envolvam: novas atitudes e valores frente às relações seres humanos-Terra; Geologia como Ciência histórica, interpretativa e abrangente da natureza; revitalização dos trabalhos de campo; o exercício da interdisciplinaridade. Num segundo momento, vamos discutir o papel da formação de professores como profissionais críticos.

### **Novas atitudes e valores frente às relações seres humanos-Terra**

No Brasil, o meio ambiente, a natureza, não são um valor cultural porque há um histórico jogo de interesses objetivando mascarar e camuflar o que, para nós, é o ponto de partida dessa discussão, que é compreender que construir novas atitudes e valores em relação ao meio-ambiente implica entender que a crise ambiental não é um fato restrito ao campo da ciência ou da técnica, mas sim uma questão eminentemente política (Paschoale, 1989). Isto porque a apropriação da natureza é realizada segundo o conhecimento científico que temos sobre ela, mas não se limita a este conhecimento. Entram em cena vários outros conjuntos de valores tão ou mais decisivos que movem a apropriação pelo ser humano, que são os valores afetivos, estéticos, éticos, conceituais, religiosos e ideológicos. Paschoale (op.cit.) relativiza o conhecimento técnico frisando que:

*"a apropriação da natureza nada mais é do que a projeção sobre ela desse sistema de crenças - o conjunto de valores que abarca até a própria concepção de Ciência - projeção que ao mesmo tempo procura a legitimação desse conjunto de crenças". (p. 128).*

Podemos complementar a base teórica que substancia as discussões e decisões relativas aos problemas sócio-ambientais com as idéias de Ab'Saber (1991), que afirma que, para isso,

necessitamos de um entendimento claro sobre a projeção dos homens em espaços terrestres, herdados da natureza e da história; do lugar de cada um nos espaços remanescentes de uma natureza modificada<sup>5</sup>; do lugar de cada um nos espaços sociais criados pelas condições sócio-econômicas.

A crise sócio-ambiental obriga-nos a um entendimento, o mais claro e global possível, da interdependência sociedade/natureza. A Geologia tem papel de destaque junto às ciências para formar uma visão de natureza abrangente, histórica e orgânica, pois, em função de ser um tipo específico de racionalidade que explica o planeta, auxilia a compreensão da dinâmica da própria interação dos seres humanos com seu habitat. Isso permite levar os alunos a serem conscientes da história e do desenvolvimento do planeta, permitindo também pensar os interesses e o papel dos seres humanos, organizados socialmente, nas transformações do ambiente (Paschoale 1989, Compiani & Paschoale, 1990).

Nosso objetivo principal na utilização do conhecimento geológico na educação, em qualquer nível, é o de estruturar uma concepção de natureza, de ambiente, como resultante de um longo processo de desenvolvimento do qual a esfera da organização social (a noosfera) faz parte. A Geologia tem importante papel para a compreensão do processo de alteração deste "*modus operandi*" ambiental, através da percepção do papel qualitativamente diferente que a noosfera vem desempenhando, ao modificar, criar/destruir, enfim, ao constituir os processos terrestres. O trabalho humano, expressão da noosfera, é um poderosíssimo agente geológico. Segundo Paschoale (1989), o trabalho e o conhecimento realizam a apropriação da natureza e, ao fazê-la, recriam esta natureza. Qualquer apropriação insere-se no curso de evolução do planeta, uma vez que atua sobre os processos naturais que se desenvolvem sob determinadas taxas, intensidades ou velocidades. De tal forma que a transformação resultante (a natureza recriada) constitui-se no processo de desenvolvimento histórico do planeta, que passa a ser outro, mesmo se não nos dermos conta de tal transformação no momento em que ela ocorre. A apropriação da natureza pelos seres humanos produz influência decisiva sobre o processo geral de desenvolvimento do planeta, uma vez que toda e qualquer mudança no desenho do ambiente deve ser enfocada sob uma perspectiva de desenvolvimento histórico. Por isso, a partir de cada novo desenvolvimento e entendimento dos fenômenos produzidos por agentes naturais, reinterpretem-se a história e a previsão de fenômenos futuros. Exemplo dramático deste fato é a urbanização intensa sem o mínimo planejamento, como na periferia da cidade de São Paulo,

---

<sup>5</sup> Segundo Paschoale (1989), do ponto de vista geológico (o que equivale dizer, de uma perspectiva temporal e espacial de dimensões amplas) não faz sentido a separação entre homem e natureza, entre processos naturais e artificiais, pois segundo a autor: "*num mundo onde cada vez mais o Homem imprime a sua marca, a de natureza 'recriada', é difícil ou inútil estabelecer os limites entre o natural e o artificial. O próprio conceito de natureza vem sendo modificado também.*" (p. 128-129).

uma metrópole. A ocupação desordenada das encostas tem causado, no mínimo, diversos escorregamentos, com moradias destruídas e mortes e, além disso, grandes descargas de material sólido nas cabeceiras dos inúmeros córregos, com enchentes nos períodos de chuvas intensas. Na Venezuela, temos o trágico evento no Estado de Vargas em 1999.

Devemos ter sensibilidade especial para as questões da natureza e da melhoria da sociedade. Garantir a existência de um ambiente sadio para toda a humanidade implica a conscientização realmente abrangente, que só pode ter ressonância com um processo educativo que envolva ética, moral, ideologia e ciência, e uma renovada filosofia de vida. Como colocam Brown & Lubchenco (apud Mayer & Kumano, 2001) *“as prioridades da ciência devem mudar a fim de afrontar os problemas sociais e ambientais trazidos em larga medida pelos efeitos colaterais de políticas em ciência e tecnologia durante o século passado. (...) Somente então pode-se estar preparado para relevantes questões atuais e futuras enfrentadas por nações democráticas e percebidas como úteis por seus cidadãos”*.

### **Geologia como Ciência histórica, interpretativa e abrangente da natureza**

A partir de 1960, nos currículos de ciências houve uma centralização do foco de interesses sobre a estrutura da ciência, conhecimento científico e método científico, e pouco se discutiu e se experimentou em relação aos aspectos aplicados, tecnológicos e culturais das ciências (Caamaño Ros, 1988). Uma rápida mudança tem ocorrido nos currículos, desde 1970, na direção de entender a ciência como uma atividade humana, aumentando a ênfase no entendimento do que o cientista faz, nos aspectos sociais, políticos e tecnológicos (Hodson 1985; Matthews, 1994) e, particularmente, na responsabilidade pública das ciências frente aos atuais graves problemas sócio-econômico-ambientais (Solbes & Vilches, 1989).

Também no ensino de Geologia e Geociências ampliam-se as abordagens nesse rumo, porém, as tentativas muitas vezes são pragmáticas e reducionistas pois carecem de uma base teórico-metodológica mais sólida e, sobretudo, específica, pois como pode ser facilmente constatado, a imensa maioria dos trabalhos sobre Filosofia (e também História) da Ciência tomou como base as ciências físico-matemáticas erigindo-as em modelos para o desenvolvimento científico. Defendemos que essas novas experiências educacionais devem se apoiar na análise epistemológica da estrutura interna da Geologia: os alunos precisam aprender os conceitos fundamentais, seu valor explicativo e sua função dentro da “arquitetura da Ciência Geologia”. Há um “pensar geológico” que foge à lógica binária à qual estamos acostumados, e que é reforçada pelo ensino de ciências tradicional.

Por outro lado, na análise histórica e sociológica que permite uma melhor conexão entre ensino e problemas reais a fim de formar estudantes atuantes na sociedade, é necessário explicitar as profundas relações entre ciência, técnica e o entorno social/natural, relações estas que devem ser historicamente contextualizadas. Precisa ser esclarecido que a ciência moderna, essa que remodelou nossa visão de mundo pós-Renascimento e que segue influenciando nossas vidas até o presente, emergiu num determinado espaço-tempo histórico. Os contextos de sua emergência e de sua posterior evolução lhe conferiram seu caráter de força produtiva (e destrutiva), capaz de revolucionar os métodos de produção e, por outro lado, de provocar alterações ambientais em nível planetário (p. ex., o efeito estufa). Ao mesmo tempo, o processo de expansão da ciência moderna para contextos extra-europeus (e mesmo para as periferias da Europa) marcou-a com traços do diálogo obrigatório - e, muitas vezes, difícil -, com as culturas e saberes locais previamente existentes<sup>6</sup>. Essa discussão reveste-se de absoluta importância ao levarmos em consideração tanto as premissas da educação multicultural em sociedades democráticas (e multi-étnicas) quanto os desafios do ensino de ciências em países situados fora do eixo Norte Atlântico.

Do entrechoque entre as análises epistemológica e histórica-sociológica pode-se abrir todo um caminho de reflexão e de atuação educacional do qual ainda sabemos muito pouco: o papel da esfera social constituindo-se indissolúvelmente com outros fatores no processo geral histórico-geológico da Terra. À Geologia cabe contribuir para a apropriação material do planeta, discutindo e fundamentando em valores (ideológicos, morais, éticos etc.) esta apropriação e suas conseqüências sociais e ambientais.

A Geologia tem papel de destaque junto às Ciências para formar uma visão de natureza abrangente, histórica e orgânica, e para contribuir no ensino, tanto nas universidades formando os diferentes profissionais, quanto nas escolas formando o cidadão comum, pois a ambos é necessário um entendimento claro sobre os processos globalizadores e a interdependência entre Sociedade e natureza. Múltiplos exemplos poderiam ser citados aqui, como as regiões de enchentes sistemáticas da cidade de São Paulo devido à urbanização intencional, a partir dos anos 1930, dos fundos de vale e das planícies de inundação dos dois grandes rios que cortam a cidade. Como reforço dessa tese, vale citar Seddon (1996), que ao relembrar o caso, entre outros, das profundas diferenças arquitetônicas e urbanísticas entre New York e Tokyo condicionadas pelo tipo de substrato rochoso, conclui: “*o conhecimento da história da Terra*

---

<sup>6</sup> Essa rica discussão a respeito dos processos de expansão e “aclimatação” da ciência européia em contextos extra-europeus é bastante longa e complexa, e foge ao escopo desse artigo. Para uma revisão atualizada, ver o vol. 15, 2000, da revista *Osiris*. Reflexões preliminares sobre essa questão e desdobramentos no ensino de Geociências podem ser encontradas em: Figueirôa, S. e Lopes, M<sup>a</sup>. M. (1996)

*pode enriquecer enormemente nosso conhecimento da história humana. (...) A história que eu aprendi na escola era sobre atores humanos em um palco. Ignorando-se quase que inteiramente o próprio palco, o local no qual suas ações acontecem e que influencia com frequência profundamente as ações dos homens. A história humana sem a história ambiental é parcial”.*

É importante adotamos uma visão mais abrangente de Geologia que a vê como uma ciência histórica da natureza (Potapova 1968, Paschoale 1989). Esta visão entende que os processos histórico-geológicos são tão importantes para desvendar a evolução do planeta como para compreender a atual e futura configuração da crosta e da Terra. Assim, busca compreender a grande importância da esfera social na atual e futura configuração do planeta. Essa concepção de Geologia auxilia em muito as recentes tentativas de tratar a Terra como uma totalidade, abordando-a sob o enfoque das Ciências da Terra segundo duas grandes perspectivas integradas: sistema-processo mundo, que se refere aos aspectos geográficos, e sistema-processo Terra, para os aspectos geológicos<sup>7</sup>. Alicerçada em concepções teóricas diferentes, essa visão, no entanto, não difere *grosso modo* da abordagem da system sciences para as ciências geológicas, tal como sistematizado e definido pelo Earth System Sciences Committee: *“Uma vez que experimentos controlados são impossíveis de serem construídos em sistemas científicos, a histórica tornou-se crucial e uma ‘série de diferentes critérios para as explicações devem ser usados. Um desses é o uso de raciocínio por analogias (...). Um segundo desafio é identificar e definir o objeto de estudo. (...) Por fim, as ciências históricas são distintas pelo decisivo papel da lógica narrativa em suas explicações. (...) O conceito da Terra como um sistema (...) fornece uma visão holística de Ciência e do sistema Terra, uma visão que inclui pessoa e suas interações como elemento integrador do sistema Terra.”*

Nessa abordagem, em nossa opinião, são fundamentais as ciências humanas que, segundo Ab'Saber (1991), propiciam certo conhecimento articulado sobre a região que serve de suporte para seres humanos-habitantes, seres humanos-produtores, e seres humanos integrados em certas condicionantes sócio-econômicas. Tal abordagem envolve todas as escalas, começando em casa. Atinge a rua e a praça. Engloba o bairro. Abrange a cidade ou Metrôpole. Ultrapassa as periferias. Repensa o destino dos bolsões de pobreza. Atinge as peculiaridades e diversidades regionais. Para só, depois, integrar, os espaços nacionais e, assim, colaborar com os diferentes níveis de sanidade exigidos pela escala planetária, que asilou a vida e deu origem aos atributos básicos do ser que pensa o Universo.

---

<sup>7</sup> Idéias que a profa. Maria Adélia Aparecida de Souza vem desenvolvendo na disciplina Ciências do Sistema Terra do curso de graduação em Ciências da Terra da UNICAMP.

De outro ponto de vista, os problemas ambientais vêm colocando enormes desafios cuja superação ou, ao menos, o enfrentamento, passa obrigatoriamente pela formação e informação dos cidadãos em diversos níveis. As Geociências, ao lidarem com a compreensão global dos processos terrestres, sejam eles passados ou atuais, bem como com a procura e exploração de recursos minerais imprescindíveis à sociedade (água, minerais industriais, minérios metálicos, combustíveis fósseis, etc.) desempenham importante papel na formação da cidadania e, por conseguinte, de uma consciência ambiental. Ao mesmo tempo, e de não menor importância, a educação em Geociências perpassa a discussão fundamental das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Natureza, inclusive histórica e teoricamente, ampliando o desenvolvimento da “cultura científica” dos indivíduos, essencial para o pleno exercício da cidadania nas sociedades contemporâneas.

Cultura científica necessária, principalmente, nos dias de hoje, em que nossa sociedade está começando a reconhecer os problemas da continuidade ilimitada do crescimento econômico. Hoje, segundo Frodeman & Turner (1996), nos debates públicos, a visão de desenvolvimento econômico compete com uma variedade de outras visões, tais como saúde humana, diversidade cultural, preservação da biodiversidade e beleza natural. Desse modo, o papel dos profissionais de geologia está mudando: p. ex., ao invés de fornecerem apenas dados objetivos para a exploração mineral, esses profissionais são freqüentemente chamados para avaliar questões (mitigação dos riscos geológicos) em que as respostas não são claras e nem objetivas, envolvendo valores científicos, econômicos, políticos, éticos e estéticos conflitantes.

### **Revitalização dos trabalhos de campo**

Na relação local/global tão necessária para enfrentarem-se os problemas sócio-ambientais, há um lema que necessita ser revisto: “*pensar globalmente e atuar localmente*”. Atualmente, está claro que precisamos também atuar globalmente, pois uma série de problemas ambientais ocorrem em escalas que afetam desde alguns países, continentes, até o planeta como um todo. Infelizmente, uma série de projetos de ensino, principalmente voltados para os problemas urbanos, ainda trata somente dos problemas locais sem derivar para os problemas globais. Para o próximo milênio, precisamos construir cidadãos líderes que tenham um olhar interdisciplinar e saibam focar disciplinarmente para resolver alguns problemas e situações. Seria uma dialética do disciplinar com o interdisciplinar. Seria um pensar globalmente e saber atuar local e globalmente. Mais ainda, cidadãos que saibam fazer mediações entre culturas, saberes acadêmicos e cotidianos, valores, entre interesses e imagens do futuro.

A relação local/global necessita das metodologias de estudos do meio e trabalhos de campo. Segundo Santos & Compiani (1998), o trabalho de campo pode ser utilizado no ensino como uma estratégia em que todas as coisas podem tomar parte de um processo maior: o efeito holográfico, onde todas as partes contêm o todo. A idéia é enfrentar a dominante fragmentação do conhecimento que bloqueia os mecanismos de análise de problemas reais, ao não facilitar a relação de conceitos, procedimentos e atitudes trabalhados em diferentes matérias do currículo. Por meio das atividades de campo, a categoria geocientífica “lugar” é entendida como o *locus* de ligação com o todo, uma interação sutil da particularidade e da generalização.

Para Santos (1997: 273), lugar é cada vez mais “*objeto de uma razão global e de uma razão local, convivendo dialeticamente*”. Espaço global está no mundo e no lugar e o espaço local e global compõem o holograma mundial e local. O lugar assume na atualidade uma nova dimensão, sendo entendido como “*o ponto de encontro de lógicas que trabalham em diferentes escalas, reveladoras de níveis diversos, e às vezes contrastantes, na busca da eficácia e do lucro, no uso de tecnologias do capital e do trabalho. O lugar é o ponto de encontro de interesses longínquos e próximos, mundiais e globais*” (Santos, 1994: 18-19).

A atenção para o local, segundo Kincheloe (1997), traz o foco para o particular, mas num sentido que, contextualmente, se baseia num entendimento maior do entorno e dos processos que o moldam. O sentido de local aguça nosso entendimento do concreto, do singular e do histórico, mas, conjugadamente, aguça o entendimento do abstrato, das propriedades, do processo histórico e da natureza. Enfim, a atividade de campo é o *locus* de constituição da dialética e do círculo hermenêutico (veja-se Frodeman, 1995) entre as partes e o todo, o particular e o geral, o generalizável e o histórico. Esse caráter dialético realça a integração do todo (desenvolvimento histórico da Terra) e suas partes (processos, esferas constituintes, estruturas, formas fixadas, etc.), como também o aspecto orgânico do conhecimento, já que a própria constituição da totalidade tem sua gênese e desenvolvimento histórico.

O campo é o próprio contexto no qual o observador pode pressupor seu sentido, o que é um elemento chave na construção do modo de pensar geocientífico (e também biológico). Os fatos fazem sentido somente no contexto criado por outros fatos. Os fatos são mais do que pedaços de informações, eles são parte de um processo mais amplo. A consciência deve ser entendida como uma parte de um processo maior. Por isso, a perspectiva de uma abordagem mais abrangente de Geologia, Geociências e Ciências do Sistema Terra, necessariamente, revitaliza a pesquisa de campo por parte dos professores e alunos. Com apoio de Ab’Saber (1991), mais do que nunca, essa perspectiva exige método, noção de escala, boa percepção das

relações entre tempo e espaço, entendimento da conjuntura social, conhecimentos sobre diferentes realidades regionais, culturas e diferentes códigos de linguagem adaptados às concepções prévias do alunado. E exige, sobretudo, respeitar e acreditar no valor da multiplicidade e diversidade dos vários “mundos” que coexistem em nossas sociedades. Implica exercício permanente de interdisciplinaridade e o enfrentar de questões cotidianas. Questiona as velhas disciplinas aperfeiçoando novas linhas teóricas na tentativa de entendimento mais amplo. Sinaliza para a conquista ou reconquista da cidadania.

Em nosso projeto de formação continuada para o ensino fundamental com temas de Geociências (Compiani, et al, 1997; Compiani, 1999; Compiani, et al, 2001), as professoras em seus relatos analíticos das experiências ressaltam que esses estudos do meio: a) permitiram contato direto com a natureza e seus processos; b) foram o locus privilegiado para a integração de saberes prévios, informações adquiridas em sala e observações/dados obtidos no campo; c) remeteram à localidade e ao cotidiano dos alunos; d) despertaram nos estudantes novo entusiasmo pelo aprender. Os trabalhos de campo são um dos resultados metodológicos mais importantes do projeto. Ele foi um dos ‘instrumentais’ mais poderoso para contextualizar o ensino, levando em conta o entorno da escola de modo amplo: sócio-ambientalmente.

### **O exercício da interdisciplinaridade**

A estrutura da escola fundamental brasileira de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries tem o seu currículo muito determinado e organizado a partir das contribuições de cada uma das tradicionais disciplinas científicas e Geologia/Geociências, apesar de ser uma dessas disciplinas, não participa do currículo enquanto tal. Predomina uma cultura disciplinar. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), com sua ênfase nos temas transversais, abriram possibilidades para o teste de outras formas de organizar o currículo escolar, como o exercício da interdisciplinaridade, de temas geradores e de fios condutores do tipo “conceitos estruturantes” (Compiani & Gonçalves, 1996). Em nosso projeto de formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental há caminhos interessantes e promissores de integração entre as diferentes disciplinas com a Geologia/Geociências. Não apenas isso. Pela pesquisa-ação dessa prática, hoje, sabemos que as escolas públicas não estão minimamente preparadas para uma estrutura pedagógica que trate o ensino de forma interdisciplinar. Não há qualquer estrutura mais coletiva de troca, de espaço de trabalho conjunto entre professores. Tão fragmentado como o ensino por disciplinas tradicionais é o dia-a-dia pedagógico de uma escola. Não há uma cultura de tratamento interdisciplinar nem na formação inicial de qualquer docente nem na vida escolar. Há experiências de desenvolvimento profissional de docentes introduzindo essa cultura

e transformando as práticas escolares, mas esbarrando na estrutura autoritária, estática e burocrática das escolas.

O desafio dos temas transversais amplifica essas barreiras atuais da escola e ilumina a possibilidade histórica, de se fazer frente à concepção compartimentada e reducionista do saber que caracterizou a escola dos últimos anos. Segundo Yus Ramos (1998), educar na transversalidade implica uma mudança importante na perspectiva do currículo escolar, à medida que vai além da simples complementação das áreas disciplinares. Para o autor, as práticas, a seguir, nem de perto aparentam ser transversais: criar novas disciplinas e acrescentar às clássicas acadêmicas em horário específico, como acontece com as optativas; criar unidades didáticas isoladas anexas a um temário superabundante de conteúdos acadêmicos de determinadas disciplinas; criar temas que o professorado pode incluir opcionalmente no currículo, à medida que seja compatível ou reforce o restante do currículo acadêmico (currículo a la carte); e criar um conjunto de temas para distribuir igualmente entre cada uma das disciplinas, forçando os temas acadêmicos a permitirem a entrada de temas transversais.

O tratamento da transversalidade ainda não é nada claro e acreditamos que somente a sua prática efetiva é que começará a demarcar o campo teórico dessas experiências. Buscando práticas interdisciplinares exercitamos a idéia de conceitos estruturantes. Eles não têm a pretensão de serem transversais e são escolhidos dentro do corpo de disciplinas e conhecimentos escolares de um ano letivo com a pretensão de organizar, estruturar e integrar essas próprias disciplinas nas dimensões horizontal e vertical. Por nascerem dentro do campo científico ao invés ou do ‘embate’ com o campo cotidiano, se diferenciam dos temas geradores de natureza freireana. Não apenas por essa característica, há várias outras que infelizmente não cabem nesse espaço. É um nascimento configurado, eu diria orientado pelo conhecimento escolar mas isso em hipótese alguma altera o caráter construtivista de trabalho em sala de aula a partir dele. A sua origem delimita as opções de temas estruturantes que estão amarrados e propiciam a própria integração entre disciplinas do corpo de conhecimento que os origina. O fato de nascer da ‘barriga científica’ não significa que o seu período de gestação não tenha sido ‘alimentado’ pelos problemas sócio-econômico-ambientais de sua época.

A idéia das dimensões horizontal e vertical é que o conceito consiga ser tratado por diferentes olhares. A horizontalidade faz com que esse fenômeno seja contextualizado e comparado com outros a partir de sua localidade, acentuam-se as particularidades, singularidades. Em cada local pode-se desenvolver a respectiva historicidade, buscas de compreensão dos fenômenos em termos de causalidades, abordagem dialética, sistêmica etc. A verticalidade observa esses diferentes contextos buscando generalizações que possam explicá-

los em conjunto ou conjuntos; aqui há um rumo para a descontextualização e a compreensão dos fenômenos vai caminhando para propriedades, definições.

Podemos simplificadamente escrever:

- ▶ horizontalidade – local – particular/singular/histórico rumo à contextualização;
- ▶ verticalidade – global – generalizável/propriedades rumo à descontextualização.

É uma dialética da contextualização e descontextualização que gera consciência, compreensões, explicações, atitudes e ações mais reflexivas e críticas historicamente contextualizadas.

É na localidade que estão as marcas os registros que atestam o que existiu. Estão sempre espacialmente e temporalmente marcados. O processo de reconstrução histórica por meios dos registros realça a relação de indexalidade<sup>8</sup>.

Num dos exercícios de interdisciplinaridade, as disciplinas de Português e Geografia agiram ao mesmo tempo com trocas de informações, se interpenetrando em seus campos de ação para que os alunos estabelecessem uma relação de sentidos. Sentidos esses que forneceram saltos qualitativos para que entendessem o local onde vivem e se percebessem como agentes modificadores de sua própria realidade, construindo os conceitos pela “fusão” entre o que já conheciam do bairro (pelo seu saber popular) e o que lhes foi acrescentado (por meio do saber sistematizado).

Houve uma série de experiências com o ensino de língua portuguesa, história, geografia, ciências e matemática ensaiando integrações com a Geologia/Geociências, desenvolvendo procedimentos e linguagens que façam a ponte com os conhecimentos mais cotidianos dos alunos. A idéia foi trazer para dentro da sala de aula o contexto geográfico, histórico e cultural em que se insere a escola. Há toda uma cultura escolar de transmissão de informações baseadas em definições e conteúdos descontextualizados e sem maiores aberturas para relações entre disciplinas e o mundo cotidiano. O conteúdo da maioria dos livros didáticos é descritivo, não havendo preocupação de trabalhar com níveis mais complexos de conceitos e problemas a partir de, e em integração com, o contexto em que se inserem a escola e os alunos.

No projeto, há uma série de avanços no campo da metodologia do ensino em Geociências na escola fundamental que foram conseguidos a partir de uma predisposição de integrar disciplinas. Por exemplo: i) cognições e gêneros lingüísticos no estudo de paisagens geocientíficas na disciplina de Português (Teixeira & Compiani, 1999), atividades que

---

<sup>8</sup> O índice é um modo de relação entre o signo e o seu referente que remete ao contato ou conexão física. O fóssil, a fotografia, o documento, a memória por meio da oralidade são índices: marcas daquilo que realmente existiu. Segundo Dubois (2000), exerce uma função de atestação. Um exemplo com a fotografia: a imagem fotográfica é

integram narrativas individuais e sociais com discursos narrativos geográficos e históricos (Santos; Compiani; Newerla, 2001); ii) Matemática e as observações, as formas geométricas e os raciocínios espaciais; iii) práticas de campo e estudos do meio, tais como: articulação de observação/leitura com elaboração de textos/narrativas, observação/leitura/representação e os conceitos de lugar, paisagem e território; iv) integração com outros conhecimentos, apreciação estética da Terra, valores ético ambientais, religiosos, cotidianos (Alcântara & Gonçalves, 1999); v) práticas mais interdisciplinares com conceitos estruturantes que foram ensaios entre Geociências e as disciplinas, por exemplo, atividades com o conceito de tempo e ciclo da água (Sugahara & Compiani, 1999; Souza & Compiani, 1999; Sugahara; Compiani; Newerla, 2001).

Os temas de Geociências foram tratados e integrados a outros conhecimentos (bastante diversificados), muitas vezes constituindo o próprio elemento gerador ou facilitador da integração por intermédio da adoção de conceitos estruturantes geocientíficos (como "escalas", "ciclos naturais", "tempo", "integração entre esferas terrestres", p. ex.); especial atenção foi dada a temas que trabalhassem com uma variedade de processos em diferentes escalas de espaço e tempo, bem como com uma diversidade de relações de causa e efeito, desde a linear até explicações causais múltiplas; também incentivou-se a adoção de temas que trabalhassem com analogias, padrões espaço-temporais, modelos, narrativas sucessivo-causais e o argumentar histórico.

Segundo Yus Ramos (1998), o tratamento de temas transversais e a prática interdisciplinar são pilares fundamentais para a formação de sujeitos autônomos e críticos, capazes de fazer frente aos problemas sócio-ambientais. Em acordo com o autor, precisamos ir incorporando novas propostas, pesquisando novos currículos que devem ir se tornando mais complexos.

### **Formar professores profissionais críticos**

Há, na escola, o trabalho pedagógico com pouca atenção a uma questão que julgamos de suma importância que é a delimitação de problemas a serem estudados/enfrentados numa situação de ensino-aprendizagem, no bairro, na cidade etc. Essa delimitação é conflituosa, e assim o são, principalmente, os problemas sócio-ambientais. Não é nada técnico delimitar um problema e, democraticamente, levar adiante as decisões e soluções. Diante de um problema e das decisões práticas a serem tomadas, há toda uma zona de incertezas, de casos singulares e de conflitos de valores que escapam aos cânones da racionalidade técnica. Quando uma situação problemática é incerta, a solução técnica depende da construção prévia de um problema bem

---

sempre uma representação singular. Em relação ao retrato, a fotografia de uma pessoa é sempre a fotografia dela

definido, o que em si não é uma tarefa técnica. Em situações de conflito de valores, não há metas claras e consistentes que guiem a seleção técnica dos meios. É dessas zonas indeterminadas da prática e da teoria que a formação de educadores reflexivos e críticos deve dar conta.

A perspectiva crítico-dialógica reconhece que existe uma relação íntima entre interesse e conhecimento. Nossas concepções de mundo são consequência de nossos particulares interesses como indivíduo, grupo de idade, sexo, raça, grupo profissional e classe social. Vemos e vivemos a vida de uma determinada maneira porque nossos interesses são parte constituinte principal de nossas decisões. A essas idéias de Habermas (1987) somamos seu alerta em relação à cientificização - processo global de aplicação tecnológica do conhecimento científico ao cotidiano da vida, que fez da ciência uma condição sine qua non para a sobrevivência ou o aniquilamento da espécie. Para o autor, todo conhecimento é posto em movimento por interesses que o orientam, dirigem-no, comandam-no. É nesses interesses - e não na suposta imparcialidade do chamado método científico -, que a pretensão de universalidade do saber pode ser avaliada. É por isso que em primeiro plano se situam as questões éticas e morais, os fins e os valores, as decisões e as ações.

A valorização interessada na pretensa neutralidade do método científico tem sido mantida pela ideologia da visão positivista do conhecimento, a qual se apóia fortemente na necessidade da generalização formal, que por sua vez, sinteticamente, se ampara em: i) descartar tudo o que é acessório e contingente para poder quantificar e generalizar; ii) desaparecer com as diferenças, o tempo e os fenômenos irreversíveis, marcadamente históricos; iii) fragmentar buscando resultados e soluções parciais com muitas variáveis; iv) cair na armadilha dos modelos X exemplos ou do tipo X caso. Como esta visão pode dar conta de fenômenos irreduzivelmente complexos, ou seja, os interessantes fenômenos da biologia, do movimento dos continentes e oceanos, da sociedade humana e da história? O reconhecimento dos sistemas complexos põe em cheque o positivismo científico e mais do que isso: mostra que não se pode ter a ciência, seu método científico como o único discurso legítimo.

Positivismo, cientifização articulam-se com os princípios cartesianos racionalistas de conhecimento valendo-se de categorias apenas cognitivas tais como: intelectualidade conceitual e conteúdo sistematizado, associados à linearidade, hierarquização, causalidade, compartimentalização e quantificação (priorizando cálculos e fórmulas).

Por outro lado, os problemas hoje postos pela crise sócio-econômico-ambiental apontam para a busca de inovações em todos os sentidos e estão mostrando os profundos

---

e não de uma outra pessoa. É o princípio da identidade.

limites da primazia, ainda presente, do positivismo. Faz-se necessário começarmos a trabalhar com novos interesses, que nas correntes de Educação Ambiental estão sendo chamados de paradigma indiciário, e que pode ser rapidamente resumido em: i) levar em conta as diferenças, os pequenos indícios e as pistas; ii) confrontar os valores exibidos com valores praticados; iii) dar espaço para os alunos, o público alvo, ouvindo, respeitando e incorporando, na prática da sala de aula, suas idéias, opiniões e cultura; iv) reconhecer ambigüidades e redundâncias como riquezas; v) reconhecer e respeitar a multiplicidade e diversidade das várias culturas (Mayer, 1998).

Nesse contexto estabelecem-se outras categorias como ações, interação, interlocução, tessitura, redes, compartilhamento, complexidade, auto-organização, ajudas mútuas, solidariedade, crenças, acontecimento e significados.

A investigação na escola, de professores e alunos, precisa favorecer o espírito crítico, a autonomia, o respeito à diversidade, a cooperação e a ação transformadora por uma sociedade mais justa e mais integrada com a natureza. Política e eticamente, há uma ênfase muito grande na busca do consenso. Pensamos que os problemas sócio-ambientais são complexos e, mais ainda, as propostas de soluções são sempre conflituosas e políticas. Ora, na maioria das vezes não há consenso. Ressaltar a singularidade, complexidade e diversidade muitas vezes não passa pelo consenso e sim pela necessidade de tomada de posição e de decisões democráticas. Por isso, os contrastes de idéias e experiências precisam favorecer o surgimento de dilemas intelectuais, éticos e ideológicos. Como, por exemplo, o poder molda as vidas dos profissionais, o poder serve para produzir conhecimentos, professores que desejam ser reconhecidos como bem-sucedidos aprendem a seguir normas particulares e convenções que podem ter pouca relação com o ensinar e o aprender em si. Outro exemplo é o do conhecimento curricular, produzido por analistas que raramente se preocupam em como as vozes sociais são representadas no currículo e quais delas são excluídas. As decisões democráticas não agradam a todos e nem devem agradar. Sempre haverá conflito. O importante é criarmos espaço para aflorar e debater os conflitos e mecanismos democráticos de decisões.

Nossa posição é que professores reflexivos podem tomar em suas mãos a postura da pesquisa-ação, como ato cognitivo e crítico, propiciando avanços significativos como estofos das inovações necessárias. Isto porque ela pode integrar o processo dialógico e reflexivo de discussão democrática e de crítica filosófica com o processo sistemático e metódico de observação e análise de suas aulas, da escola, da política educacional (Carr, 1996).

Mais ampla e profundamente do que isso, Carr (1996) defende em seu livro que, para tratar de questões que transtornam ou preocupam os profissionais da educação, é necessário

que os mesmos participem das teorizações sobre a educação, como um aspecto do processo de melhoria da prática educativa.

Segundo Elliott (1994), a investigação educativa em sala de aula implica necessariamente os professores e alunos como participantes ativos no processo de investigação. Se Carr e Elliott estão corretos, são os problemas práticos cotidianos experimentados pelos professores que potencialmente podem ser transformados em problemas de pesquisa. Isso coloca, como um dos centros da pesquisa, a sala de aula, na direção do que Cachapuz (1997) considera como crucial para o desenvolvimento futuro das investigações em Didática das Ciências: ou seja, a idéia é dar maior ênfase a estudos que sejam típicos do contexto em que se desenvolve o processo de ensino-aprendizagem e buscar tratar pesquisadores, professores e alunos como sujeitos reais e sociais, e não como meras amostras estatísticas.

As características do pensamento e postura do professor não são características pessoais desse professor, mas sim de um professor engajado com outros em atividades sociais, com o ambiente e cultura escolar. Daí que a formação permanente de professores, além de ser uma heurística da prática, é também um grande problema teórico: ela constitui uma unidade de estudo que integra dinamicamente, dialeticamente o professor e o ambiente escolar.

O foco deve caminhar do indivíduo como tal para o indivíduo na atividade social. O foco está no sistema social no qual esperamos que os professores aprendam e ensinem, com o entendimento de que este sistema é mútua e ativamente criado por eles e por nós (formadores) e por eles e seus alunos.

Se é o professor quem deverá ser o agente das pretendidas mudanças de aprendizagem dos alunos, deverá ter a preocupação de articular os conteúdos com a realidade histórica do educando, e de tornar o plano de ensino contextualizado, permitindo que o aluno analise e transforme a realidade. Então, estas são ações que exigem do professor uma atitude reflexiva diante de sua prática. Esta atitude, como afirma Lüdke (1995), dá a oportunidade ao professor de ser participante do saber que se elabora e reelabora a cada momento ou, em outras palavras, o professor deverá ser pesquisador de suas próprias aulas, de seu próprio processo de ação.

A novidade de nossos objetivos, desenvolvido em nosso projeto de formação continuada, é a de que os professores fossem, em parceria conosco, desenvolvendo práticas, conhecimentos, atividades e materiais em sala de aula e se introduzindo nas investigações educativas sobre suas práticas em sala de aula. É necessário valorizar a atividade do professor ressaltando o enfoque prático-reflexivo de sua atividade didática. Isso implica redimensionar a concepção de professor: sua tarefa não pode ser a de um mero técnico que aplica receitas feitas e experimentadas pelos educadores de gabinete, porque se admite o caráter singular, dinâmico

e variável de cada contexto escolar, classe e, também, professor. Assim, uma exigência da atividade docente é a de que ele pratique, de modo aberto e criativo, a investigação.

Esse trabalho de investigação não pode ser solitário. A tarefa do docente deve ser entendida como um trabalho coletivo. Essa formação permanente para e pela investigação deve ser, necessariamente, um trabalho mais coletivo. Nos grupos de professores em ação crítica, o professor passa a ter a sua prática como objeto de pesquisa, tematizando-a, lançando um olhar sobre o mundo ao seu redor. O desenvolvimento profissional e a formação permanente em exercício passam a ser temas do dia-a-dia.

Sem um trabalho de formação reflexiva e crítica os professores seguem rotina e permanecem com sua prática e seus conhecimentos não se abrindo à mudanças e se mostrando inseguros para promover inovações. Com um trabalho formativo necessariamente mais coletivo, o educador passa a ter a sua prática como objeto de pesquisa, tematizando-a. Esse processo é conflituoso pois não é nada fácil pensar o seu próprio trabalho e sua ação. O papel da reflexão de sua prática aqui é basilar. Nós remodelamos as estruturas cognitivas para dar conta dos aspectos únicos no novo contexto percebido, nós aprendemos a partir de comparações em diferentes contextos. A contextualização é inseparável da cognição e da ação. Através do conhecimento de uma variedade comparável de contextos nós começamos a entender similaridades e diferenças e, assim, podemos antecipar o que acontecerá em situações similares e diante de cada nova situação estaremos mais aptos para decisões criativas e com uma maior fundamentação teórica. A prática reflexiva melhora nossa capacidade para a transferência crítica ao propiciar quadros detalhados e entendimentos interpretativos das similaridades e diferenças dos vários contextos. A prática reflexiva implica necessariamente o educador e os alunos como participantes ativos no processo de investigação.

Sobre esse assunto em pauta, Geraldi (1998) indica para os professores: entrem para um grupo e comecem a estudar e a fazer alterações da sua prática na sala de aula. Essas práticas começam a trazer problematizações, dúvidas, conflitos, etc. Passar a enfrentar essa prática é o que ele chama de prática intelectual. As necessidades que vêm da própria prática é que produzem o professor que busca soluções para os problemas que ele mesmo criou por meio de sua prática. O plano curricular tem que ser a oficialização de uma prática. Segundo ele, é a valorização dos processos e práticas interlocutivos que faz do aluno um aluno capaz, e não apenas o conjunto de informações de que ele dispõe. Uma proposta de ensino que leve em conta o acontecimento enunciativo da sala de aula e a relação de interlocução, de interação na sala de aula, produz saberes, produz discursos. São várias vozes dentro do discurso do

professor e alunos. O professor precisa viver o acontecimento. O texto de Geraldi vai contra a “obsessão” pela objetividade, recuperando a enunciação, o acontecimento.

A prática reflexiva que vimos discutindo até aqui leva-nos a uma maior liberdade metodológica, a qual permite o direito de mudança das estratégias face a novas circunstâncias. Ganha-se liberdade para conduzir a prática de ensino e o olhar crítico sobre essa prática de forma contingente ao contexto.

Para Kincheloe (1997), a pesquisa-ação como ato cognitivo e crítico pode propiciar, dentre vários benefícios, dois dos mais importantes: i) levar os professores ao reino crítico da produção do conhecimento, porque ela se constitui na organização das informações e na sua interpretação; e ii) adquire-se confiança na prática reflexiva. E, de nossa parte, acrescentamos mais dois benefícios, inspirados nas idéias de Liston & Zeichner (1993) sobre o professor reflexivo: iii) tornam-se atentos para o contexto institucional e cultural no qual ensinam; e iv) tomam parte do desenvolvimento curricular e se envolvem efetivamente para a sua mudança.

O aparato da pesquisa tem o potencial, pela sua estrutura altamente sistematizada, de propiciar que aquela complexidade da sala de aula, aquela incapacidade dos professores de manipular a variedade de causas e fatores seja transformada numa análise voluntária, numa prontidão para a ação, para a busca da sistematização. A pesquisa-ação induz a atenção para o acontecimento, o local, o contexto e o processo interativo da sala de aula. Na sala de aula, os enunciados agem não apenas como meio de comunicação, como acontece nas salas em que não há, por parte do professor, uma postura para a reflexão e a crítica, mas também - e principalmente - como objeto de estudo. A idéia é manipular conscientemente este sistema simbólico e interativo da sala de aula. A prática cotidiana do professor, com toda a sua experiência pessoal, demarca o caminho para uma prática mais profunda. Num sentido freireano, a percepção e a postura dos professores são transformadas pela interação com a prática mais sistematizada que a pesquisa-ação inicia. Então, pesquisa-ação e prática pedagógica cotidiana integram-se a um sistema de conhecimento, adquirindo conscientização e controle.

Para Contreras (1997), aceitar que o currículo pode ser desenvolvido localmente, supõe um explícito reconhecimento do papel de mediação que tem as escolas e os professores em sua implementação e desenvolvimento. Para isso, devem ocorrer mudanças efetivas na prática escolar, na concepção de professor e no seu ensino. Antes, pensava-se de um modo bastante causal e linear: a mudança e substituição da prática do professor por outra mais adequada e melhor, transformaria o ensino e a escola. Hoje, sabemos que é um processo mais contínuo, orgânico e complexo de desenvolvimento do profissionalismo do professor e da gestão

democrática das escolas. Antes, tratava-se de introduzir produtos acabados (materiais didáticos, técnica docente, projeto curricular) para aplicação pelos professores em suas escolas. Nesse caso, o processo de formação é o treinamento desses professores. Agora, pretende-se a introdução de estratégias e processos (formação em centros, desenvolvimento profissional como parte central da formação dos professores, parcerias colaborativas entre rede pública, ong's e universidades, reflexão sobre a prática etc) que levem os professores e suas escolas a elaborarem seus produtos, a implementação e a gestação de um currículo nacional com uma realidade concreta social/histórica. Neste caso, o processo de formação se dá de forma contínua e permanente e no exercício da própria profissão de educador. Novas pautas são colocadas e o nosso projeto traz vários resultados e reflexões sobre essas pautas que são: formas de trabalho em equipe, procedimentos para elaboração e desenvolvimento de projetos educativos, maneiras de envolver os professores neste tipo de tarefas, criação de uma cultura de reflexão crítica sobre a prática escolar, criação de uma cultura de integração entre disciplinas etc.

O tratamento dos temas sócio-ambientais com uma postura interdisciplinar, a formação de professores reflexivos, o construtivismo são pilares fundamentais para a formação de sujeitos autônomos e críticos, com um critério moral e ético próprio, e capazes de fazer frente aos problemas apresentados hoje pela humanidade. Esses pilares são opções ideológicas que constituem novas propostas metodológicas, à medida que ajuda a dimensionar todo o processo em função dos aspectos que a comunidade educativa considera relevantes para a formação das novas gerações. Impregnando-nos da problemática de nosso mundo, devemos adequar as estruturas e os hábitos do trabalho profissional a esses pilares de modo mais flexível, cooperativo, interdisciplinar e comprometido socialmente.

## **Contexto, visualidade e narrativas**

Contexto está diretamente ligado à idéia de percepção e paisagem. Se a visualidade é fundamental nas ciências e no entendimento do meio ambiente e a localidade também, o tratamento e uso da visualidade e localidade como recurso didático (livro didático, paradidático, materiais de divulgação científica etc) tanto no ensino formal quanto informal é extremamente pobre. A imagem aí em geral não constrói discursos, idéias, teorias, modelos, mas ilustra conceitos ou objetos, funcionando como mero índice da textualidade. Pesquisa recente (Silva, 2002) sob minha orientação corroboram com essas idéias.

Intensificam-se os estudos ligados a linguagens não verbais, sobretudo visual. Se, num primeiro momento, esta discussão se restringia às artes, rapidamente cresceu sua importância nas demais áreas de conhecimento. Em função disto, e também da aceitação

que o visual é codificado, por exemplo, alfabetizar, teve seu objetivo ampliado e hoje, cada vez mais, significa também apreender os códigos das linguagens visuais. Na Geologia, se a discussão é novíssima, a preocupação é bem mais antiga. Chamberlin (1897) em seu artigo, já lamentava da precariedade do código verbal, muito linear e restrito, para uma Ciência com as características da Geologia. Essa Ciência constrói a sua estrutura interpretativa a partir das "formas fixadas"<sup>9</sup> encontradas na natureza. Como as formas tem lugar privilegiado nas linguagens visuais, cabe investigar as contribuições das linguagens não verbais à Geologia.

Pretendo a partir do uso de desenhos e de narrativas para ensinar Geologia/Geociências em escolas públicas de Estado de São Paulo, discutir as relações entre contexto, visualidade e narrativas. Três experiências serão utilizadas: o Estudo de caso que tratou do ensino do tema "A formação do Universo" na disciplina de Geografia para 18 alunos de 10 a 12 anos (Compiani, 1996a); o trabalho na disciplina de Português com a descrição de paisagens geocientíficas (Teixeira & Compiani, 1999); e o trabalho com desenhos para ensinar o ciclo da água (Sugahara & Compiani, 1999).

Pedagogicamente, tenho fortalecido a necessidade de alargar, o mais possível, a experiência dos alunos, pois acreditamos que novos conhecimentos aprendidos transformam a relação cognitiva do aluno com o mundo, ampliando e introduzindo-o em um novo modo de 'ler' e explicar o mundo. As Geociências podem contribuir nesse novo enfrentamento ao valorizar a intuição, a imaginação e a criatividade, tão esquecidas no ensino de ciências. A necessidade de enfrentar o lado intuitivo e criativo das ciências começa a aparecer nas pesquisas sobre ensino de ciências. Segundo Hodson (1985), na prática científica, conceitos e teorias são produzidos por atos criativos de abstração e invenção, mas, no ensino de ciências, a ênfase é posta nas experimentações e esquece-se a fase criativa individual tão fundamental na prática científica para equacionar os problemas, formular hipóteses, etc. Novak (1988) discutindo a construção do conhecimento finaliza a discussão ressaltando a criatividade: *"Agora a saída parece estar mais em como facilitar a produção criativa do que em fixar os critérios de provas e refutação."* (p.35).

Para Vygotsky (1990), os indivíduos são potencialmente dotados para a criatividade e será o ambiente sócio-cultural que poderá incentivar tal potencialidade. A imaginação e a criatividade não são dons divinos, mas representam um complexo e contínuo processo de reestruturação da informação que um indivíduo é capaz de realizar, desde a infância, frente à sua relação com o meio natural e social. Em relação à tradicional visão sobre a atividade

---

<sup>9</sup> Segundo POTAPOVA (1968), as "formas fixadas" são registros geológicos que refletem de maneira codificada

criativa, comumente atribuída a poucos indivíduos eleitos e vista como uma exceção entre os mortais, o autor rompe com essa visão quando afirma que a criatividade é uma regra na vida cotidiana, é uma condição indispensável à existência, pois tudo o que vai além dos limites da rotina, que tem algo de novo, deve a sua origem à criatividade. Qualquer pessoa que imagina, combina, modifica e realiza algo de novo, mesmo que o novo possa parecer um grão minúsculo em confronto à criação dos 'gênios', está sendo criativo. Até porque, os 'gênios' embora sejam os mais aptos para sintetizar a criação coletiva de sua época, não existiriam sem o ato criativo do grãozinho.

Se entendermos a criatividade deste modo, ficará fácil ver a sua importância desde muito cedo no desenvolvimento infantil. A capacidade de dar formas, com os elementos disponíveis, a uma determinada construção, de combinar o velho em uma nova união, conjunto ou até síntese, constitui o fundamento da criatividade. A esta atividade criativa algumas áreas da psicologia dão o nome de imaginação.

Mas imaginação e criatividade podem ser freadas e frustradas. Vygotsky (op cit) aponta que existe uma fase crítica (aproximadamente dos 12 aos 13 anos) em que os adolescentes passam a abandonar suas expressões gráficas, que são de valor incalculável e possibilitam entender seus raciocínios e abstrações. Um dado para entender que a atividade imaginativa não se manifesta mais, como na idade infantil, é o desaparecimento da paixão pelo desenho a partir da adolescência. O adolescente começa a olhar o seu desenho e qualquer outra manifestação plástica com os olhos críticos. Os esquemas infantis não lhe satisfazem mais, parecem-lhe subjetivos e, assim, ele pensa que não sabe desenhar ou fazer qualquer outra manifestação artística. Não é capaz de perceber que a imaginação está passando por uma profunda transformação em confronto com a racionalidade. Infelizmente, a escola, não só não trabalha para clarear este processo, como volta-se somente para desenvolvimento 'racional' das disciplinas 'científicas', investe na combinação da capacidade lógica e lingüística. Digo racional porque se corporifica, ano após ano, a divisão entre o racional e o intuitivo. O racional cabe às ciências, à matemática, à geografia entre outras e o intuitivo cabe à educação artística e musical entre outras. Praticamente não existe referência dos aspectos intuitivos, por exemplo, nas ciências; quando muito, algumas poucas escolas enfrentam com seriedade o desenvolvimento do intuitivo nas disciplinas de educação artística e similares. Um trabalho integrado com o racional e o intuitivo em ambos tipos de disciplinas é raríssimo.

Soma-se a isso as pesquisas estão mostrando o reinado da linguagem ou de uma cultura escrita no contexto educacional (Werstch & Minick, 1988; Pontecorvo et al 1992). É

---

os processos ocorridos no passado do planeta.

importante refletir sobre isso, pesquisar novas linguagens, como pretendo mostrar. Discutir alternativas ao reinado da escrita é fundamental para abriremos nosso olhar para novas potencialidades da cognição e do contexto escolar, principalmente para os geocientistas, que sabem da relevância no ensino de Geociências da abstração, das narrativas históricas, dos raciocínios visuais e espaciais, do uso de analogias e modelos etc.

Dentro do vasto campo de novas alternativas, analiso as narrações e os desenhos, que aliás foram produções dos alunos sobre o tema de estudo “A formação do Universo”, sobre as descrições de uma paisagem geocientífica e sobre os desenhos do ciclo da água. Discuto com um pouco mais de profundidade essas duas formas de expressão e discuto um pouco o papel da intuição para a visualidade e narrativa. Com o uso de desenhos e de narrativas pretendo mostrar a ênfase dada nas aulas na compreensão dos padrões e raciocínios espaciais, no desenvolvimento da capacidade dos alunos fazerem conexões e raciocínios sobre bases abstratas e desenvolverem a narrativa sucessiva-causal. Proponho um critério para analisar as produções dos alunos à luz das influências do ensino e finalizo, buscando alguma aplicabilidade mais geral dessas idéias para o ensino de ciências e de Geociências.

### **Aspectos epistemológicos da Geologia**

Defendo que o conteúdo específico é de fundamental importância, por isso acredito ser necessário desvendar um pouco a Geologia para entendermos sua complexidade.

A tarefa da Geologia é estudar a história da Terra como um todo e desvendá-la através de estudos das 'formas fixadas', que *"são registros que refletem de maneira codificada os processos ocorridos no passado do planeta"* (Potapova, 1968, p.121). Com tais estudos formulam-se classes conceituais, padrões e 'leis', que passo a passo vão constituindo processos específicos e gerais do desenvolvimento da Terra, dando corpo a história da Terra. As classes conceituais e padrões estabelecem a mediação entre o registro e seu significado, o que é essencial para a formulação da história. A existência de 'leis' mais gerais constituem-se no próprio objeto de estudo da Geologia, ou no instrumento de indagação mais geral e formal que orientará nosso olhar para explicar o mundo, portanto, orientará nossa aquisição de conhecimentos tanto quanto as classes conceituais e padrões, mas de modo mais abrangente.

Pode-se dizer que o objeto de estudo da Geologia o processo histórico-geológico- será o mais geral mediador entre o sujeito e uma forma da natureza. Como eu faço uma forma da natureza ser um vestígio de um processo, necessariamente do passado, pois deverá ser um vestígio? Os conceitos já existentes (que compõem o arcabouço do processo histórico-geológico) jogam luz sobre a forma e esta será desvenda com o apoio decisivo do Atualismo,

que é um sistema de métodos para transformar uma coisa em vestígio, mas como? A função do Atualismo é realizar a transferência de informações sobre o presente para o passado. Segundo Potapova (1968), o Atualismo é a versão geológica do método histórico-comparativo que orientará a aquisição dos conhecimentos em Geologia. Assim, ele é um princípio que enfatiza a estrutura predominante diacrônica dos processos geológicos, privilegiando, de tal forma, a analogia e, com isso, a similaridade observada entre os registros contemporâneos e a suposição de que sejam as 'formas fixadas' dos registros passados.

A prática atualista da Geologia trabalha com dois planos simultaneamente: o do presente e o do passado. No plano do presente, ocorre a sincronia entre processos e produtos, predominando operações com base na contigüidade: relaciona-se causa e efeito que são ligados pela experiência, ou seja, acompanhamos e reproduzimos, de um certo modo, os processos que geram os produtos.

No plano do passado, ocorre a diacronia na elaboração da sucessão de registros, prevalecendo operações com base na similaridade: relaciona-se, principalmente, por analogia um efeito (produto) e suas possíveis causas, não são ligadas pela experiência, praticamente são suposições sobre processos passados. A partir dos produtos buscamos as causas que se ajustam para explicá-los<sup>10</sup>.

Entretanto, é sabida a existência de fenômenos convergentes em Geologia, onde vários processos produzem os mesmos produtos. Então, como comparar efeitos parecidos, se os processos não são similares? Também sabemos que a preservação de uma 'forma fixada' não implica a permanência do processo até a atualidade. Portanto, muitos fenômenos não são passíveis de transferência analógica em algo a que não são comparáveis.

Mas não há outro modo de se estudar o passado senão com os conhecimentos do presente. Isto não significa que só podemos 'fazer Geologia' através do raciocínio analógico. Uma das características da Geologia é a 'invenção' de explicações, sem preocupar-se com sua verificação imediata, como ocorre geralmente com a Física e Química. A Geologia difere destas duas ciências por estar preocupada com a 'invenção' de explicações históricas com base na argumentação. Nesse sentido, ela está apoiada pelas atuais correntes epistemológicas, que apontam a transferência das ciências empíricas do reino da demonstração para o campo da argumentação, de modo que os conhecimentos estejam abertos à retificação regrada e sejam verificáveis segundo os protocolos da própria prática que os produz. As teorias são mais aceitas

---

<sup>10</sup> Raciocínios espaciais (vizinhança-contínuo) e lógicos (semelhança-classe), a continuidade espacial e temporal, a noção de simultaneidade são fundamentais para a transferência das informações sobre o presente para o passado.

quando atingem um maior consenso sobre sua coerência interna e o grau de acordo que existe desta com a experiência.

Como vimos, as evidências ('as formas fixadas') em estudo servirão para a estruturação de hipóteses. O processo de hipotetização supõe que o registro (evidência) é um produto de um processo do passado. Mas é preciso deixar claro que a hipótese é uma inferência e não é uma livre invenção ou um estágio de elaboração pré-racional (uma conjectura ou uma tentativa de adivinhação). É o resultado do raciocínio intuitivo direcionado por uma *gestalten* ou um quadro teórico em latência, ou surgido de uma inferência analógica ou, até pode originar-se de premissas fatuais mas, em Geologia, isto é muito difícil de acontecer. Com isso quero dizer que são fundamentos da explicação geológica: a imaginação e não somente a similaridade (de base analógica), assim como o pensamento divergente, não verbal.

O caráter sintético do conhecimento geológico é explicitado por Paschoale (1988b). Para o autor um tipo de totalidade é o ponto de partida da Geologia: o planeta e suas várias camadas como se apresenta agora e a totalidade concebida como síntese sua chegada: o desenvolvimento histórico da Terra. Realça, também, a integração do todo (desenvolvimento histórico da Terra) e suas partes (processos, esferas, estruturas, formas fixadas, etc.), como também o caráter orgânico estruturado do conhecimento geológico, já que a própria determinação da totalidade concebida pertence à gênese e ao desenvolvimento histórico deste saber, no curso do processo o próprio todo é concomitantemente delineado, determinado e compreendido; a totalidade concebida transforma-se em estrutura significativa para cada fato ou conjunto de fatos (Compiani, 1990).

Podemos dizer, que a Geologia é um campo do conhecimento privilegiado onde a síntese espaço-tempo da evolução da Terra, como um todo, e de suas várias esferas pode ser realizada. Pois, a Geologia preocupa-se com a Terra, em seu todo, e com seu processo geral de desenvolvimento enquanto um sistema natural e integrado e em evolução. Este sistema presume uma interação entre as unidades básicas do planeta (crosta, manto e núcleo) e as esferas do planeta (noosfera, biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera). Todavia, na busca da síntese geológica, nenhum destes elementos isolados pode ser considerado no seu processo de existência, sem levarmos em conta, a natureza global dos processos que ocorrem na Terra. Por outro lado, a síntese é revelada em sua essência pelas interrelações dos vários elementos isolados e específicos, ou seja, estes elementos são organizados em sistemas que procuram explicá-los sob a forma de uma 'lei' geral: o processo histórico-geológico. Esta 'lei' geral é o próprio objeto de estudo da Geologia, ou a síntese concebida mais geral e formal que orienta nosso olhar para explicar o mundo, portanto orienta nossa aquisição de conhecimentos.

Tão importante como a 'lei' geral (objeto de estudo) são todos os conceitos formais que apresentam uma certa utilidade de propiciar e orientar a generalidade do conhecimento. De acordo com Rogers (1983 e 1989), estes conceitos formais podem ser padrões espaço-temporais que se tornam esquemas (frames) lógicos que estruturam nosso pensamento. Rogers (1983) cita como exemplo o padrão proposto por James Hall (1859) muito utilizado na teoria geossinclinal: subsidência e acumulação de espessas seqüências sedimentares seguida por levantamento e formação de montanhas. Cita, também, o padrão espacial, proposto por J. T. Wilson (1965), que é utilizado na tectônica de placas para, por exemplo, dividir a litosfera em grupo de placas que se movem relativamente umas em relação às outras, formando tipos específicos de limites entre placas.

Para Rogers (1990), em Geologia, os conceitos que se transformam em mais gerais podem ser usados como normas porque eles proporcionam uma estrutura conceitual que nos permite organizar e explicar nossos dados. Muitos se estruturam em verdadeiras teorias, por exemplo, a tectônica de placas e, então, mais do que proporcionar tal estrutura, é oferecido um paradigma ou matriz disciplinária (Kuhn) para as pesquisas geológicas.

Está ficando claro que as peculiaridades dos fundamentos metodológicos da Geologia adicionam mais ingredientes nas recentes discussões sobre filosofia, sociologia e história das ciências. Com isso quero dizer, que ao se desenvolver a Geologia como um corpo específico de conhecimento, estou reforçando o que vários filósofos atuais, apesar de diferenças internas, vêm defendendo: o desenvolvimento conceitual baseia-se essencialmente na fixação de crenças, na inferência não-demonstrativa e na formação e confirmação de hipóteses. Talvez, esteja caminhando a passos largos do primado da empiria para o primado da teoria e acolhendo as idéias da epistemologia hipercriticista, que segundo Pera (1982), é uma atitude filosófica caracterizada, na teoria do conhecimento, por uma expansão sem limites dos elementos constitutivos a priori da experiência numa ampliação ilimitada dos elementos teóricos, dos quais se fazem dependentes o conhecimento e a experiência. Uma absorção completa e uma redução sem resíduos da experiência na teoria, esta, de tempos em tempos inventada; é como se fossem *gestalten* diferentes que dão origem a observações diferentes, ou seja, teorias científicas dão lugar a observação de fatos diversos.

Para os hipercriticistas, construir uma teoria é como construir um mundo, o que leva a uma identidade estrutural entre ciência e arte. Eu vejo, também, a identidade entre um esquema de agir e um esquema de concepção-de-mundo, na medida em que o homem apropria-se da natureza por meio de instrumentos para tornar-se humanizado.

Aceito, em parte, a idéia de que o elemento teórico determina inteiramente o campo da experiência. Concordo com Pera (op cit) quando afirma que não existe aquela imagem deformante da mente, como uma cesta vazia a ser enchida com conteúdo da experiência, e que não existe, também, a imagem popperiana de uma mente, como um farol que projeta sempre faixas de hipóteses com o foco de controle sobre as observações, isto é, todas as vezes que se observa, tem-se uma hipótese em mente. Sim, de fato, não existe observação 'pura' e a mente é incentivada a observar através de problemas e orientada pelas teorias. Mas, acho interessante as idéias de Pera, de que teorias não são hipóteses. Para ele apenas as assunções e não as teorias e hipóteses precedem logicamente à observação. Pera afirma que as hipóteses podem ser derivadas dos fatos, pois são tentativas de explicação avançadas depois de um exame dos mesmos, aos quais a pesquisa se refere. Já, teorias explicativas são amplas concepções que explicam fatos e regularidades aceitas antes de uma pesquisa.

### **Narrativa histórica, desenho e linguagem visual**

Apoio as idéias já apontadas por Paschoale de que a criatividade e a imaginação são necessárias para a prática geológica. Inicialmente essa defesa foi mais teórica, com argumentos dentro do campo da filosofia e epistemologia, buscando diferenciar e valorizar as especificidades da Geologia frente às ciências clássicas como a Física e Química. Nesse sentido, um marco é a dissertação de mestrado do Paschoale (1989): “Geologia como semiótica da Natureza”. Vieram em seguida dois trabalhos, Compiani (1990) e Paschoale & Compiani (1990), também ainda teóricos, mas já buscando abordar para o ensino aquelas idéias da Geologia como ciência histórica da natureza. Agora, este trabalho que é parte de pesquisas de conteúdos específicos em educação, no caso Geociências, é uma das possíveis aplicações daquelas idéias. Foi realizado junto a uma classe de alunos de 10 a 12 anos. Mais especificamente, como esses alunos quiseram aprender sobre a formação do Universo, foi focado o ensino de Astronomia. Ao lidar com esse tema percebo que a narrativa e o desenho são formas de expressões importantíssimas para justamente desenvolver a criatividade e imaginação no ensino de Astronomia e, por decorrências, no de Geologia.

Naqueles trabalhos Compiani (op cit) e Compiani & Paschoale (op cit), havia uma ênfase nos raciocínios histórico-comparativos e por decorrência nos raciocínios analógicos. Já estava apontado também a relevância da linguagem visual. Havia uma ênfase na cognição, ou seja, era pressuposto detalhar as cognições importantes de um campo de conhecimento específico para adequá-lo ao hipotético desenvolvimento cognitivo dos alunos. Quando

fomos<sup>11</sup> aplicar essas idéias à uma classe concreta, verificamos o grande instrumental que tínhamos, mas era insuficiente e nos demos conta da enorme importância da mediação do professor e do discurso em uma sala de aula, dentre este do discurso científico (ver Edwards and Mercer, 1989 e Cazden, 1991). Assim, foi possível ampliar a ênfase inicial apenas nos raciocínios analógicos para as narrativas históricas e começar a aplicar as nossas idéias sobre os raciocínios visuais e espaciais. Como explico no texto corrido, enveredo, na medida do necessário, para compreender um pouco a percepção, a intuição e a semiótica.

A epistemologia vem analisando há um bom tempo os modos de explicação próprios das várias ciências, o que é importante para esclarecer as inter-relações discurso-raciocínio e conceitos cotidianos-conceitos científicos. Astronomia e Geologia são ciências históricas e são constituídas, essencialmente, por fenômenos que apresentam desenvolvimento histórico. Uma história é repleta de acontecimentos individuais imprevisíveis, mas sobretudo, que não se repetem e não podem ser reversíveis. Por isso, nessas ciências os raciocínios mais significativos não são os hipotético-dedutivos, apesar de, hoje, um número cada vez mais crescente de fenômenos serem tratados de modo dedutível, como por exemplo, os fenômenos aleatórios que são tratados pela teoria das probabilidades (veja a termodinâmica e microfísica). No fazer científico das Geociências, a utilização da imaginação, da analogia, dos raciocínios espaciais e dos raciocínios históricos para a interpretação dos dados e a etapa de elaboração de hipóteses são absolutamente fundamentais. Métodos empíricos, descritivos e históricos são importantes para a compreensão da Terra. Mas, os métodos demarcadores em Geociências são os históricos, são ciências históricas da natureza (Potapova, 1968; Paschoale, 1989; Compiani, 1990; Frodeman, 1995). Deixo bem claro isso porque foi um pressuposto fundamental para a escolha do tema.

Entre os filósofos da ciência, Frodeman (1995), para mim, está sendo um dos primeiros a discutir a importância do discurso científico em Geociências, apesar de todas as suas idéias estarem muito baseadas na lógica. Desse modo, Frodeman (op cit) afirma que as ciências históricas são distinguidas pelo decisivo papel da lógica narrativa em suas explicações. Para o autor, a narrativa lógica é um tipo de entendimento em que os detalhes adquirem sentido na estrutura geral da história, no senso que através do narrar uma história, nós criamos um contexto que define e constitui significados para nossa pesquisa e dados. Em Geologia, o raciocínio científico é constituído por um contexto de uma narrativa e de uma localidade ou região da Terra (ou da Terra toda).

Sobre o discurso narrativo, é importante assinalar algumas idéias que utilizo dos

---

<sup>11</sup> Aqui está no plural porque as atividades de ensino foram desenvolvidas conjuntamente com a professora de

trabalhos de Santaella Braga (1980) e Machado et al (1984). Os autores partem do que dizem ser a tradicional divisão do discurso em descrição, narração e dissertação para aprofundarem e sugerirem reformulações. Para os autores, na narração, como a própria palavra indica, o elemento principal é a ação: 'narra-ção'. Trata-se, assim, do registro lingüístico de eventos ou situações de acontecimentos singulares em termos de agente/paciente e causa/efeito. Definem o discurso narrativo sucessivo como a apresentação seqüencial ou cronológica das partes de um dado evento, é o caso típico das crônicas onde o acontecimento é relatado no seu encadeamento temporal. Já o narrativo causal apresenta um fenômeno através de suas causas, de suas condições de funcionamento, isto é, um determinado evento é relacionado a fatos, estabelecendo-se relações de causa e efeito de implicações lógicas e muitas vezes juízos avaliativos e não apenas cronológicas. Definem o discurso narrativo sucessivo-causal, como aquele que apresenta um evento mostrando o seu desenvolvimento através do tempo e procurando explicá-lo em termos de causalidade, ou seja, apresenta uma lógica em que os detalhes ao serem narrados vão se constituindo em partes integradas e justificadas por causalização na estrutura geral da explanação histórica. Este é um tipo de discurso geocientífico e histórico. Defendo que essa noção de sucessão no tempo e de implicações causais de um evento é importante para ser exercitado já com alunos da 5ª série do ensino fundamental.

O verbal e o visual são de importância vital nas Geociências. O visual junto com o verbal têm a capacidade de possibilitar mais facilmente a mediação do singular que a imagem potencialmente representa com o enunciado que o verbal representa. É interessante o exercício de apreensão de um objeto, pois é indissociável o visual do verbal. Por exemplo, vamos utilizar as noções que Paschoale (1984) apontou ao mostrar a mediação, por exemplo, do enunciado granito com a imagem de um granito. A percepção e concepção deste granito passará pela imagem e pelo espacial. Dependendo da foto, do ângulo, etc, o granito estará representado pelos elementos visíveis. O esquema visual daquele granito será único. O visual, desse modo, realça a função indicante dos signos, mostra o granito que o signo redobra ('granito' significa este granito e não outro). Perceber e conceber o granito passará também pelo verbal. Ao mesmo tempo, o granito nos fala sobre o seu individual, como também nos instrui sobre todos os granitos. O verbal, assim, tem função simbólica de representar o objeto na sua ausência, visa o objeto na sua generalidade (este granito é um 'granito' entre outros). Segundo Pino (1991), a indissociabilidade anterior está relacionada com os processos de contextualização/descontextualização. Esta torna os significados representantes de totalidades genéricas, ao contrário, aquela, a contextualização confere aos significados das palavras uma significação

concreta e particularizada.

A incorporação da linguagem visual no processo de ensino-aprendizagem poderia clarear ou, até mesmo, propiciar uma crítica ao uso corriqueiro, na escola, de recursos descontextualizados, ou seja, a apresentação de conceitos e generalizações sem conexão direta com os respectivos objetos singulares<sup>12</sup>. Exemplificando: a imagem de um granito revela a mediação entre um corpo rochoso singular e o conceito de granito. Pois, temos a configuração de um ou alguns granitos que nos dá indícios das propriedades do enunciado granito. Normalmente num texto que discute sobre granitos, a descrição de um corpo rochoso particular é feita por uma série de generalizações, que não revelam a mediação entre os granitos existentes e o conceito (enunciado) de granito (Paschoale, op cit).

Para nossa sorte ou azar, no ensino de Geociências, o reinado do pensamento verbal dificulta uma aprendizagem significativa. Já foi devidamente apontado por Paschoale (1984, 1988, 1989 e 1990), Pedemonte & Bezzi (1989) e Bezzi (1995 e 1996) o intenso uso de índices (vestígios), ícones (imagens) e símbolos (verbal e não-verbal) para formular os construtos em Geologia. Por isso, desenvolverei, um pouco, a seguinte pergunta: o desenho é fundamental na compreensão dos conceitos geológicos?

Talvez fique um pouco extenso, mas precisarei utilizar as idéias de Leveson (1988) no seu interessante artigo "The Geologist's Vision". O autor, numa parte de seu artigo, discute como um geólogo vê a essência de uma rocha. Posso extrair de suas idéias que o geólogo as experiencia como rochas -uma realização que implica alguma ligação com as rochas verdadeiras. É este o vínculo que diferentes imagens dividem. Rochas verdadeiras tornaram-se arquétipos das quais os símbolos e os enunciados sobre as rochas se aproximam. É um raciocínio semelhante ao de Paschoale (1984) com o exemplo do granito que acabamos de escrever. Para Leveson: *"O problema é de discriminação. Uma vez que o geólogo começa a olhar em detalhe as variações dentro da rocha, elas rapidamente tornam-se infinitas em número. (...) Admitir a existência de padrões e repetições é, necessariamente, fixar graus de importância relativa para as diferentes feições. (...) Mas, sobre quais bases podem tais distinções ser legitimamente traçadas? Qual racionalidade pode ser apresentada para tal violação da natural democracia das rochas?"* (1988, p. 307).

Leveson conclui: *"Em resumo, o discernimento de padrões pode não ser fácil. Parece que o*

---

<sup>12</sup> Segundo Arnheim (1980, p.89), *"De um modo mais prático, a configuração [forma de um conteúdo] serve, antes de tudo, para nos informar sobre a natureza das coisas através de sua aparência externa. O que vemos da configuração, cor e comportamento externo de um coelho nos diz muito sobre sua natureza. A diferença na aparência entre uma xícara de chá e uma faca indica qual o objeto que serve para conter um líquido e qual para cortar um bolo. Além disso, enquanto o coelho, a xícara e a faca nos falam sobre os seus seres individuais, cada um deles nos instrui, automaticamente, sobre a espécie toda -coelhos, xícaras e facas em*

*instinto requer um amparo e ele existe. Há uma abordagem para o padrão que o encontra em seus próprios termos, uma abordagem que, felizmente, não requer nenhuma instrumentação cara, complexa mas, somente um lápis e um bloco de papel: o domínio das rochas pode ser obtido através da experiência simples do desenho." (1988, p. 308).*

Justifica suas idéias. Para desenhar um esquema, deve-se olhar, ver e tomar decisões. Uma imagem desenvolve-se. Existe um contínuo questionamento e resposta, avaliação e reavaliação. Uma camada que gradualmente desaparece, reaparece em outro lugar? Onde? É a mesma? Foi mudada? Como as estruturas internas relacionam-se com os corpos externos? É através do desenho que alguém aprende a discernir, que a visão torna-se acurada.

Parece claro que apenas a linguagem escrita não dá conta da complexidade das representações das explicações em Geociências. Sobretudo, as escalas espaciais gigantescas colocam fortes limitantes para a utilização apenas da escrita. Por isso, a linguagem visual e o raciocínio espacial têm importância destacada na Geologia e, por extensão, nas Geociências.

O autor continua discutindo que, embora o discernimento de padrão possa ser obtido através do desenho, o problema da integridade na seleção de dados permanece. Hipóteses acerca da origem das rochas desempenham um decisivo papel na análise minuciosa dos elementos do padrão potencial os quais são necessários ao reconhecimento e aceitação dos padrões eventuais e assim, o padrão é citado como apoio à hipótese da origem. Então, Leveson pergunta: Como tal circularidade pode ser desculpada? Sua resposta é clara: *"Talvez não, mas eu suspeito que ela seja inevitável (...) porque nenhuma criatura pode existir neste Universo sem o abrigo da discriminação. Mais uma vez, o que emerge no papel depende em grande parte do que, através dos filtros da bagagem anterior e da teoria, é esperado, assim como, da maneira e da habilidade de passar da visão a alguma coisa tangível."* (1988, p. 308).

Ainda, segundo Leveson, *"para um olho experimentado, o padrão é resultado de um evento deformacional que ocorreu sobre determinadas condições. Entretanto, a ligação visível entre o material e o ambiente deformacional não pode ser convenientemente exposta em fórmulas matemáticas exatas ou localizada precisamente em limites geométricos, daí, mais uma vez, nós estarmos trazendo à tona a arte geológica. O que se requer é uma educada mas, em última instância, avaliação intuitiva de diversos elementos."* (p. 308). Perguntamos, como é possível salientar o objeto do processo? Como se cria a representação do espaço, a profundidade, o movimento? Estes problemas serão mais facilmente enfrentados se o professor encorajar seus alunos a usarem a inteligência e a imaginação, exercitando o uso da intuição, ao apelo a truques mecânicos. O intuitivo está mais ligado à percepção visual e à representação espacial. É o lado intuitivo que lida mais facilmente com o contexto, com a estrutura global, com a forma, o fundo e o contorno. Por isso,

---

*geral- (...) Assim, uma configuração nunca é percebida como apenas a forma de uma coisa particular, mas*

acreditamos que a realização de atividades com padrões espaço-temporais, modelizações são fundamentais para a formação dos alunos.

Esclarecendo algumas idéias sobre a intrincada dialética entre o racional e o intuitivo, Arnheim (1987) defende que a intuição e a racionalidade são dois procedimentos próprios da cognição e esta é um *continuum* que vai da percepção imediata até os construtos teóricos mais elaborados. Para o autor, as capacidades que normalmente vêm atribuídas à racionalidade - aquela de distinguir, de confrontar, de delimitar e, assim por diante- operam já na percepção elementar. Ao mesmo tempo, cada ato do pensamento solicita uma base sensorial.

Sem a intenção de aprofundar, mas de pontuar algumas considerações, é interessante a idéia discutida por Vickers (1979) e Arnheim (op cit) de que existam, pelo menos, dois principais modos de conhecimento: a racionalidade e a intuição. Um indivíduo usa ambas em apropriadas (ou não) combinações, no seu esforço interminável para conhecer o mundo, no qual ele se encontra. Para Vickers, a racionalidade é mais dependente da análise, raciocínio lógico, cálculo e descrição explícita; já a intuição é mais dependente da síntese e reconhecimento de padrão, do contexto, das relações entre componente singular e outros aspectos da organização perceptiva e das múltiplas possibilidades de relações entre figura e fundo. Para Arnheim (op cit), a racionalidade serve para abstrair do contexto individual suas características de elemento e evento, buscando a generalização para propiciar a classificação; já a intuição fornece a estrutura global de uma situação e determina a posição de cada elemento internamente ao global. Recolocando as idéias, são dois modos de pensar indissociáveis: o primeiro (lógico) envolve a abstração e a manipulação de elementos sem considerar as formas às quais estão combinados; o outro (perceptivo) envolve o reconhecimento ou a criação de formas, sem considerar os elementos que as compõem.<sup>13</sup>

Voltando às idéias sobre a Geologia, ela coloca determinantes epistemológicos claros. É uma ciência histórica e com uma grande ênfase descritiva. Os empiristas enfatizam que das observações formulamos os nossos quadros teóricos. Eu quero enfatizar que o conhecimento concreto/observável, o qual será fatorial para as explicações, nasce da combinação-conjugação dele próprio, que está para ser constituído na explicação teórica, com os instrumentos de indagação ou conceitos formais, que, na maioria das vezes, já são parte integrante e aceitável

---

*sempre como a de um tipo de coisa."*

<sup>13</sup> Sem dúvida, nos mais criativos raciocínios geológicos a parte correspondente aos processos intuitivos é de fundamental importância. Como exemplo, quando da elaboração da teoria da Deriva Continental, Wegener tinha uma perfeita noção das semelhanças geográficas entre América do Sul e África, da distribuição paleobiogeográfica dos fósseis entre os continentes. Ou seja, da distribuição espaço-temporal dos fósseis e das semelhanças geométricas do encaixe entre os dois continentes. Cálculos e medidas não desempenhavam parte importante desses atos de reconhecimento. Estes foram exercícios da capacidade humana de apreciar, comparar

da própria explicação em construção ou reconstrução constante.

Para Srour (1978), o conhecimento não é reflexo especular ou duplicação mental da realidade, o conhecimento não 'habita' os objetos a serem conhecidos. A abstração não espelha o real, porém dele se apropria cognitivamente, isto é, modifica de modo particular o objeto apropriado; os intelectos são afetados pela nova apreensão dos fenômenos, suas atividades ulteriores são por isso mesmo redefinidas. Segundo o autor, o pensamento não trabalha diretamente com o concreto, mas com representações mentais desse mesmo concreto. A matéria prima da prática cognitiva são abstrações e não o próprio real na sua concretude. *"Produzir conhecimentos é transformar informações complexas -científicas e ideológicas, sensíveis e técnicas- em resultados de um processo abstrato de trabalho, um processo que ocorre na cabeça dos agentes sociais. Trata-se, pois, de uma intervenção intelectual sobre objetos simbólicos (intuições, observações, representações), e não da transformação da própria realidade observada."* (Srour, p.36) Somente assim é possível resgatar a especificidade do pensamento, escapando à confusão empiricista do real com o simbólico.<sup>14</sup> O primado é do pensamento e da abstração, daí a riqueza das Geociências, onde se, de um lado, é inegável o lado fático da explicação, ou seja, os objetos concretos que 'afloram' nos trabalhos de campo, nas observações da natureza, do outro lado, a própria explicação já é pré-constituída com o olhar discriminatório, onde padrões, classes conceituais são elaboradas combinatoriamente e conjugadamente 'dando' história aos dados observados.

A Geologia é casada, em última instância, com o visual, com a história, como já pude mostrar atrás. Segundo Paschoale (1990), uma explicação histórica é apenas suposta, não é demonstrável experimentalmente. Em outras palavras, a explicação geológica é hipotética no sentido do possível: a relação entre causa e efeito não é conhecida, mas apenas suposta.<sup>15</sup> O processo de hipotetização supõe que o registro (evidência) é um produto de um processo passado, ou seja, as evidências apontadas servirão para a estruturação das hipóteses.

---

e contrastar formas. A aparência chamou a atenção humana antes de existir alguma teoria para explicá-la. A teoria surgiu para explicar o senso intuitivo das formas.

<sup>14</sup> Ensaçando uma exemplificação porque auxiliará a compreensão de cognições importantes em Geociências. O meu gato 'Laslo' é único, singular, histórico e concreto, mas é um ajustamento do ser real com certas características que o enquadram na definição abstrata de gato. Trata-se da transformação dos elementos obtidos (informações simbólicas) numa relação explicativa que assume o caráter de propriedade do objeto em geral. O gato 'em geral' não existe. O gato é um conceito formal e abstrato, que pretende dar conta de todos os gatos singulares que existiram e existirão. Já, a função indicial do signo redobrando o objeto é dada quando o gato significa o 'Laslo' e não outro. Os conceitos formais não nos dão o conhecimento de um objeto concreto, porém fornecem-nos um conhecimento abstrato de qualquer objeto possível da mesma espécie. O 'Laslo' que é único é dado pela combinação-conjugação do conceito de gato com o animal em carne e osso diante de nossos olhos. Os conceitos formais representam efetivamente 'instrumentos de indagação', porque aparelham o trabalho teórico e orientam nosso olhar do mundo para a constante construção dos conceitos singulares e dos próprios formais.

<sup>15</sup> Isso de modo geral, uma vez que sobre os fenômenos geológicos que ocorrem na atualidade e são passíveis de observação, como terremotos, vulcanismos etc, pode-se identificar as causas com alguma precisão.

O que direciona o olhar do geólogo são as assunções, as hipóteses e teorias para desvendar a história da Terra. Na natureza, os processos passados quando resistem à erosão, denudação, etc, deixam formas. Como estas formas passam a ser 'formas fixadas', ou seja, vestígios, registros do processo passado?

Essa forma (uma ocorrência concreta), que é o nosso objeto de investigação, é sempre um índice<sup>16</sup> que potencialmente indica um processo, mas qual? Há vários vestígios que não o são para qualquer observador. Não é fácil a partir de um produto encontrar a sua causa ou os processos que o originaram. Para Paschoale (op cit), um dos marcos da pesquisa geológica é a busca não apenas da conexão inequívoca entre produto e processo, mas a busca de uma generalidade presente nestas manifestações. Daí, a busca de uma ordem, de um padrão ser importante. Pois, este padrão estabelece a mediação entre o registro e seu significado, o que é essencial para a formulação da história.

Sabemos que a explicação se faz a partir de uma série de marcas observáveis, e as mesmas só podem ser estudadas por associações e semelhanças com outras feições. Duas cognições são importantes: primeiro, a forma deve ser identificada como significativa e, para isso, é operado todo um arcabouço de experiências passadas entre feições e informações de processos contemporâneos para capacitar a mente observadora-interpretadora a perceber que tais feições são indicativas (são índices de uma relação físico-existencial apontando para seu objeto de que ele é parte) de um processo passado. A outra cognição, então, é transformar esta forma em 'forma fixada', ou seja, num símbolo<sup>17</sup> que embute códigos que constroem as relações de causa de sua origem. Esta divisão em duas cognições é artificiosa, porém é importante reter que a procura do registro já direciona as duas cognições. A primeira cognição é mais descritiva e, com o apoio das idéias de Leveson, posso afirmar que é aquela em que o desenho é fundamental para o discernimento de algum padrão. A segunda cognição é mais explicativa; a utilização do padrão discernido serve para dar 'base fatural' à formulação de hipóteses que transformem as formas em evidências de supostas causas de suas origens. Por exemplo, através de observações astronômicas identificou-se um padrão de explosões (supernovas) e aglomerações (sistemas estelares em formação); é este padrão que é utilizado para a elaboração da hipótese explicativa e do modelo (que nós utilizamos na aula) da formação do Universo, o

---

<sup>16</sup> Segundo Paschoale (1990, p. 247): "*Todo signo enquanto ocorrência material é índice de algum objeto, mesmo que suposto ou provável, como um vestígio.*" Rastros, pegadas, resíduos, remanências são todos índices de alguma coisa que por lá passou deixando suas marcas. O índice é sempre dual: ligação de uma coisa com outra. Os índices estão baseados nas relações naturais, causais entre os fenômenos e os seres, daí a representação de nuvem ser indicadora de chuva.

<sup>17</sup> Para Santaella (1984), o símbolo extrai seu poder de representação porque é portador de uma lei que, por convenção ou pacto coletivo, determina que aquele signo represente seu objeto. A generalidade é atributo do símbolo.

que, por sua vez, enquadra em um corpo teórico as próprias evidências que foram e são apoios para a teoria<sup>18</sup>. Concordo com Massa (1994) que as Geociências requerem todo um trabalho de simbolização para 'concretizar' e figurar os conceitos; estas 'imagens' criadas tornam-se um verdadeiro código icônico<sup>19</sup>. Desse modo, os modelos requerem todo um contínuo passo da imagem ao conceito e, deste, às hipóteses explicativas que, por sua vez, retornam à imagem e, assim por diante.

Pensando no ensino de Geociências, o desenho é uma forma de expressão corriqueira (Lillo, 1994). Pois, o recurso visual amplia as possibilidades de se trabalhar com a dimensão gigantesca do espaço e tempo. Também, de se trabalhar a grande variedade de escalas observáveis (da micro à macro, até à astronômica), onde temos uma gama enorme de formas diversas que vão desde o Universo visível, a Terra, os continentes, suas estruturas, rochas, minerais até a estrutura cristalina e química da matéria. Fora isto, temos o problema que as Geociências compartilham com todas as outras ciências, que é o da representação das explicações que, normalmente, é apresentada em duas dimensões (o papel), quando sabemos que o mundo se apresenta em três dimensões com, pelo menos, mais uma outra quarta dimensão: o tempo. Orion (1996) discute e aponta vários caminhos para se trabalhar essas questões em sala de aula.

As características anteriores são o limitante para se ensinar Geociências na escola fundamental e, ao mesmo tempo, o desafio. O apaixonante desta pesquisa foi superar parte do desafio e mostrar caminhos criativos para tratar o tema neste nível escolar. A complexidade do objeto e do fenômeno em Geociências solicita o uso da linguagem visual e força um compartilhamento desta com a linguagem verbal; essa isoladamente a mais corriqueiramente utilizada no ensino de ciências e Geografia, por exemplo.

Ao ensinar o tema 'Formação do Universo' foi ficando claro a relevância da narrativa e do desenho. É incrível, foram os próprios alunos que nos deram uma pista para o casamento entre o verbal (narrativo sucessivo-causal) e o não verbal (desenho). A pista foi a história em quadrinhos (HQ) que, alguns deles utilizaram para realizar as tarefas de sala de aula.

Segundo Cagnin (1975), a HQ é uma forma narrativa por meio de imagens fixas. É um sistema narrativo formado de dois códigos de signos gráficos: a imagem, obtida pelo desenho e a linguagem escrita. A linguagem escrita tem um papel mais descritivo no sentido de conduzir a narrativa, o elemento verbal tem amplo poder de representação no vasto campo das classes

---

<sup>18</sup> Em geologia, Rogers (1983 e 1989) defende que esses padrões seriam, essencialmente, espaço-temporais, citando o padrão espacial, proposto por J. T. Wilson, que é utilizado na tectônica de placas.

<sup>19</sup> Para Paschoale (1990), os signos icônicos substituem um objeto por se parecerem, de alguma forma e devido à sua própria natureza, com o objeto. Uma relação de similaridade (ou por contraste) é o fundamento deste tipo de signo. Os ícones são imitativos e servem para representar, reproduzir o real (desenhos, imagens, sons etc).

conceituais. Já os desenhos se incumbem de singularizar e concretizar a narrativa através de personagens, cenários e movimento, o elemento visual está revestido da imensa riqueza da representação do real com características individuais.

Há toda uma área de pesquisa sobre as histórias em quadrinhos, onde nós não precisaremos adentrar profundamente porque os desenhos dos alunos, quando realizados, são histórias em quadrinhos com legendas, o que, como veremos, simplifica bastante a análise.

Inspirando-se nas idéias de Cagnin (op cit), o quadrinho transforma-se em uma unidade narrativa mínima, pois uma imagem ou figura é desenhada ou percebida num quadrinho, que lhe serve de fundo. Também, podemos inferir a seqüência cronológica e a continuidade espacial entre os quadrinhos. Esta cognição é feita pelo leitor de quadrinhos que é praticamente co-autor da história, pois, segundo Lovreto (1993), o quadrinho mostra uma seqüência intercalada por espaços vazios, onde nosso cérebro cria as imagens de ligação; entre um quadrinho e outro, o movimento tem continuidade na cabeça do leitor. No caso dos desenhos dos alunos, a trama das relações de causalidade é expressa pelo visual e pela escrita; esta passa a ser tipicamente uma legenda, um elemento externo à ação, como uma voz quase impassível do narrador.

### **Exemplificando com o estudo de caso sobre “A formação do universo”**

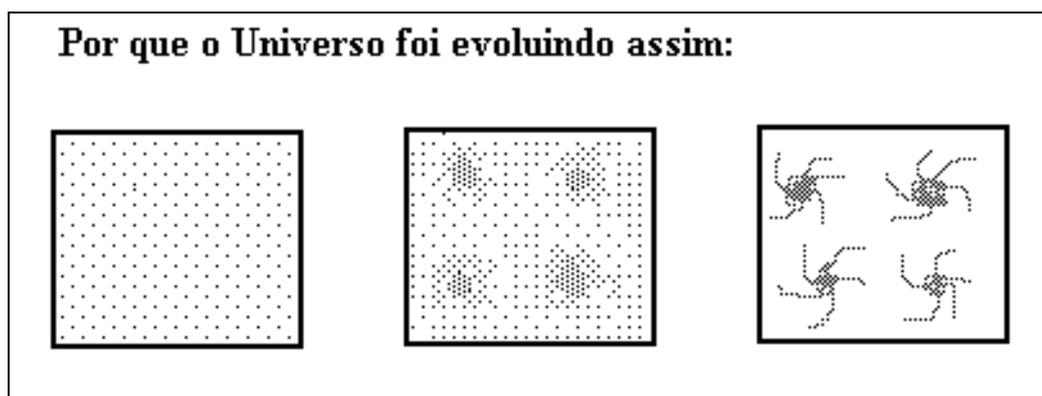
É importante acrescentar alguns dados gerais do estudo de caso. As seguintes etapas de trabalho e de coleta de dados foram desenvolvidas com o tema ‘A formação do Universo’: 1- questionário inicial para identificação das idéias prévias dos alunos sobre o tema; 2-trabalho em grupo dos alunos sobre suas respostas aos questionários; 3-aula debate com os alunos sobre suas respostas aos questionários; 4-atividade prática (narração e desenho): 'a história da formação do Universo'. Posteriormente, antes da próxima atividade, foi entregue aos alunos o texto “A origem do Universo: teoria da grande explosão -Big Bang”; 5-aula expositiva: 'origem do Sistema Solar'; e 6-avaliação final do tema realizada através de um questionário.

Sobre o conteúdo, Compiani e a professora de Geografia decidiram enfatizar mais os processos de formação do Universo do que a caracterização dos elementos do Universo e propiciar as definições no decorrer das discussões. Foi a leitura do livro de Rodríguez, Villa & Anguita (1990) que lhes inspirou a formular os dois conceitos organizadores (auxiliam a organizar as idéias dentro de um campo de validade dos conhecimentos que estão sendo ensinados), que também são os dois principais processos que ocorrem no Universo. Os conceitos são: **os processos explosivos**, como o que deu origem ao Universo e à formação de Supernovas e **os processos gravitacionais**, como os que atuam na formação das galáxias e

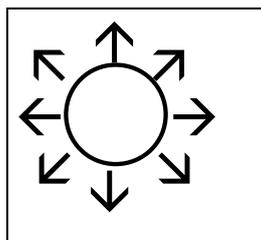
sistemas estelares. Assim, dentro dessa preocupação mais processual, pretendia-se trabalhar, num primeiro momento, com a narrativa sucessiva-causal, com as escalas espaciais astronômicas e, num segundo momento, com um modelo explicativo dos processos de formação do Universo que enfatizava um padrão espaço-temporal dos fenômenos.

Para o meu intento, acredito que é necessário relembrar alguns aspectos da atividade 3 (aula debate) e da atividade 4 (produção dos alunos: narração e desenho). A aula debate possui três partes. A primeira parte da aula foi sobre o conceito organizador dos processos explosivos, ou seja, discutiu-se não apenas que o início do Universo foi através de uma explosão mas, sobretudo, o que explodiu e os efeitos da explosão; na segunda parte foi trabalhado o papel da atração gravitacional na formação das galáxias, em outras palavras, debateu-se sobre o conceito organizador de processos gravitacionais. Finalmente, na terceira parte foram iniciadas as discussões sobre a origem do Sistema Solar, porém os debates acabaram migrando para a formação da Terra. Alguns detalhes das falas da primeira parte da aula debate foram tratados em Compiani (1996b).

Na segunda parte da aula debate, para a compreensão da formação das galáxias, foi utilizado o modelo, a seguir. O modelo foi introduzido com a intenção de facilitar o entendimento da formação das galáxias e o respectivo papel da atração gravitacional nesse fenômeno:



A omissão do primeiro quadrinho da explosão inicial, representado a seguir, foi intencional. Sabíamos que a colocação desse quadrinho, por ser uma boa representação do padrão explosão  $\Rightarrow$  expansão, poderia direcionar muito o pensamento da classe e fechar prematuramente o convívio das idéias dos alunos com as dos professores.



O modelo tem por trás uma teoria científica que busca explicar a formação do Universo. Ele expressa simplificadamente algumas das idéias implícitas na teoria, que envolve dois processos principais: **explosão-expansão**  $\Rightarrow$  **atração gravitacional-aglomeração**. Ele sintetiza em representações os dois conceitos organizadores da aula, a saber: processos explosivos e gravitacionais.

Com o modelo tínhamos uma preocupação mais específica, idêntica à de Massa (1994). Pensamos que nos estudos de muitos dos fenômenos naturais, é importante partir da explicitação do objeto ou fenômeno ou de sua representação em sua globalidade possível para proceder à análise das partes. Partimos da percepção global inicial do modelo para depois caminhar para um processo de deciframento das partes em relações de causa/efeito.

O modelo é, então, uma configuração global a ser inicialmente percebida. O trabalho com a percepção global visa o desenvolvimento do uso da intuição, que poderá facilitar operações mentais com modelos e padrões. Esses modelos e padrões, em uma certa medida, podem ser considerados como '*gestaltens*' que, potencialmente, se tornam suportes lógicos que estruturam o pensamento. Daí, naquela parte da aula debate, ao decifrarmos o modelo através da linguagem verbal, procurávamos enfatizar a compreensão dos padrões e raciocínios espaciais para, assim, contribuirmos no desenvolvimento da capacidade dos alunos fazerem conexões e raciocínios sobre bases abstratas, desenvolverem a narrativa causal e os raciocínios de causalidade.

A atividade 4 buscava sistematizar os conceitos desenvolvidos na aula debate e junto com a solicitação da narração e do desenho sobre a formação do Universo, incluía os principais conceitos do tema discutidos em sala que deveriam ser utilizados pelos alunos na realização da tarefa. Desse modo, a atividade 4 consistia em: 1.-Escreva uma história da origem do Universo até a formação do Sistema Solar, utilizando as palavras ou frases seguintes: nuvem cósmica brilhante, explosão, galáxias, expansão, matéria comprimida com alta pressão e temperatura, Sistema Solar, atração gravitacional e movimento rotatório, e resfriamento e choque de partículas sólidas. 2.-Represente sua história através de um desenho. Então, a seguir, trato de algumas das produções dos alunos.

### **Discutindo as narrações e os desenhos à luz das influências do ensino**

Para discutir a aprendizagem dos alunos à luz das influências de ensino, necessário se faz relacionar as suas produções -elaboração de uma estória sobre a formação do Universo- com os determinantes do ensino dado e com as suas idéias prévias. Para tal, tais produções foram analisadas segundo 4 aspectos: i. o conteúdo construído pelos alunos; ii. as capacidades cognitivas alcançadas pelos alunos; iii. as influências das idéias prévias dos alunos na evolução conceitual; e iv. a direção das idéias construídas pelos alunos, isto é, a do modelo científico, a de suas idéias prévias ou, um outro rumo.

Alertamos que neste artigo não será possível nem mesmo pincelar o que foi tratado ao longo da própria aula debate, assinalando os avanços e retrocessos das interações professor-aluno em relação a esses quatro aspectos. Agora, analisando as produções dos alunos, a mediação dos professores não será vista em ação, mas refletida, quase como um espelho, através das estórias. Também não seria possível tratar de todos os alunos, daí escolhemos as estórias de três alunos: Juliano, André Luiz e Tábata. Elas não são representantes de outras entre as 18 estórias, pois cada uma delas é singular e própria dificultando a escolha, mesmo que o objetivo fosse escolher estórias apenas parecidas com outras. Elegemos aquelas que poderiam facilitar o nosso intento proposto neste artigo, conforme o subitem expressa.

Não é fácil examinar os aspectos pretendidos porque é difícil tratá-los como se fossem um todo, com suas partes organicamente ligadas ou, a partir das partes, ir construindo esse todo interligado. Na medida do possível, só separamos os aspectos sempre com a intenção de facilitar a interpretação. Por isso, sem separar em demasia e buscando uma maior integração dos aspectos a serem analisados, elaboramos o Quadro 1 tratando do conteúdo construído e expresso por cada aluno através da estória por ele produzida junto com a influência que suas idéias prévias possam ter tido nesta produção.

Além disso, elaboramos o Quadro 2 procurando verificar se, aquelas capacidades cognitivas, que muitos defendem como impossíveis de serem desenvolvidas com essa faixa etária de estudantes, estavam ou não refletidas nas produções dos alunos. Para isso, fizemos um detalhamento dessas capacidades do seguinte modo: i. a qualidade da narrativa: se as estórias apresentam uma unidade narrativa entre a escrita e o desenho ou se apenas partes apresentam algum tipo de narrativa, e o tipo da narrativa: se sucessiva-causal ou apenas sucessiva; ii. o tipo de padrão espaço-temporal que expressam em seus raciocínios; e iii. a presença de algum tipo de representação de escalas astronômicas.

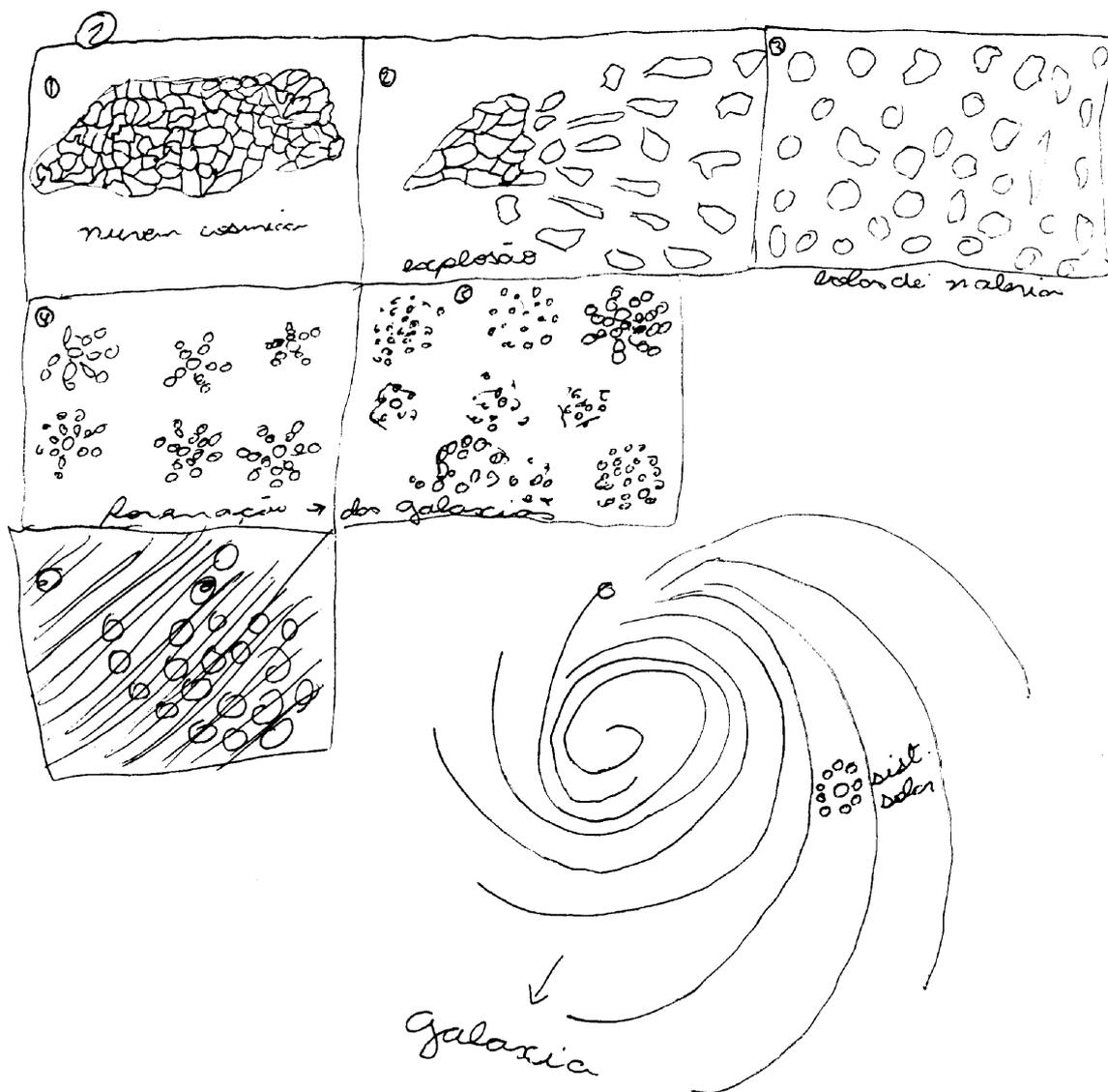
Para verificar se as estórias apresentam uma unidade narrativa, em primeiro lugar, coube ver como elas articulam a escrita e o visual. Das três produções tratadas, teremos a narração escrita associada à história em quadrinho com legendas (HQI) e a narração escrita

com ilustrações de desenhos. Para verificar se existe uma unidade narrativa na escrita, basta apenas ver o encadeamento feito com o conteúdo estudado. E isso pretendemos resumidamente mostrar com o Quadro 1. Com os desenhos, precisaremos recorrer ao trabalho de Cagnin (1975). O problema é mostrar como da significação de cada quadrinho nasce a significação da seqüência. Ao se juntarem dois ou mais quadrinhos, estabelece-se uma comparação entre formas percebidas na leitura de cada uma. O autor diz que a identidade entre as imagens ou figuras que compõem os quadrinhos é uma espécie de fio condutor da narrativa. A identificação pode ser feita pelos elementos invariantes ou redundantes (figuras do Q1  $\cong$  figuras do Q2) ou pelos elementos variantes ou formas aparentes das figuras (figuras do Q1  $\neq$  figuras do Q2). A própria ordem da leitura das imagens, uma após a outra, gera o conceito de tempo, de sucessão, de um antes e outro depois. Seria o que vimos discutindo, no discurso verbal, como narrativo sucessivo. Já a relação lógica de causa e efeito não é dada apenas pela leitura sucessiva. A causalidade é de caráter implicativo, constituindo o narrativo causal que necessita e, vai além do sucessivo. Para a análise mais acurada do narrativo causal, acreditamos que seja necessária a leitura e releitura de todos os quadrinhos dando a devida atenção às legendas, bem como da própria narrativa escrita.

Para verificar o tipo de padrão espaço-temporal que os alunos expressam em seus raciocínios, e como se depararem com a necessidade de usarem artifícios de representação para deixarem mais claras as gigantescas escalas espaciais que estão em jogo, é fundamental que também se considere os desenhos. Essas são capacidades que só podem ser verificadas com a representação visual, aliás, só podem ser ensinadas com a utilização da linguagem visual. Como expressar por palavras, por exemplo, o modelo em quadrinhos dado, a Via Láctea na forma de espiral e o Sistema Solar? Já vimos que o modelo representa o seguinte padrão: explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração.

A seguir as três estórias escolhidas.

① O universo surgiu de uma nuvem brilhante de poeira cósmica que foi se comprimindo e com alta pressão e temperatura que se explodiu formando bolos de matéria que a atração gravitacional e o movimento rotatório formaram as galáxias e os sistemas solares que foi ~~se~~ resfriando ~~se~~ as bolos de matéria e se arredondando formando os planetas

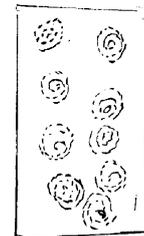
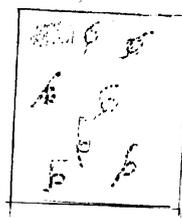
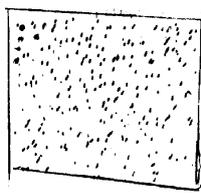


<sup>20</sup> "O universo surgiu de uma nuvem brilhante de poeira cósmica que foi se comprimindo e com alta pressão e temperatura que se explodiu formando bolos de matéria que a atração gravitacional e o movimento rotatório formaram as galáxias e os sistemas solares que foi resfriando as bolos de matéria e se arredondando formando os planetas".

\* A grafia e os desenhos foram mantidas como os alunos fizeram, apenas a grafia foi digitada para facilitar a leitura.

## A formação do Sistema Solar

A formação do Sistema Solar foi através de uma explosão que houve de meteoros. A uma atração gravitacional que prende os Planetas para não se perderem no espaço.



Numa nuvem brilhante vagando pelo espaço e sua matéria vai se resfriando e as partículas ficam duras e solidas e vão se comprimindo e se explodem jogando pedregalhas de meteoros pela expansão da galáxia assim formando o Sistema Solar.



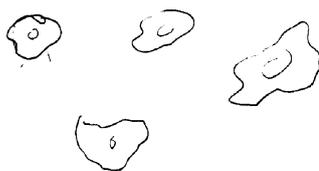
A nuvem brilhante



que se resfria



que se explode



Jogando meteoros a todo canto



Formando o Sistema Solar

<sup>21</sup> "A formação do Sistema Solar

A formação do Sistema Solar foi através de uma explosão que houve de meteoros. A uma atração gravitacional que prende os planetas para não se perderem no espaço. Numa nuvem brilhante vagando pelo espaço e sua matéria vai se resfriando e as partículas ficam duras e solidas e vão se comprimindo e se explodem jogando pedregalhas de meteoros pela expansão da galáxia assim formando o Sistema Solar/ Anuvem brilhante/ que se resfria/ que se explode/ jogando meteoros a todo canto./ Formando o sistema solar".

## Tábata<sup>22</sup> (idade: 11 anos)

1- Conte uma história até a formação do Sistema Solar, ordenando as palavras ou frases:

Ouve uma explosão de um meteoro grandíssimo que explodiu e lançou seus pedacinhos para todo o canto do universo. E esses pedacinhos foram atraídos para um pedaço de meteoro muito atraente que puxava os outros pedacinhos que foram formando grandes bolas gigantes.

Essas bolas gigantes formaram galáxias.

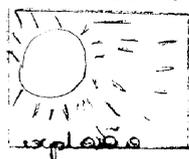
E foram se formando mais e mais planetas e planetas.

Existiu também uma nuvem brilhante de poeira cósmica que explodiu e suas poeiras se espalharam e sentaram nos planetas e deu brilho a eles.

Esse grande meteoro que explodiu foi formado por matéria que se comprimiu com alta pressão e temperatura, e não aguentando explodiu.

Dessas galáxias também foram se formando os Sistemas Solares, dessa formação teve muita atração gravitacional que também ajudou nos movimentos rotatórios que os planetas fazem, em torno do Sol etc.

2- Demonstre sua história num desenho.



explosão



formação dos planetas



galáxias



Sistema solar

<sup>22</sup> Ouve uma explosão de um meteoro grandíssimo que explodiu e lançou seus pedacinhos para todo o canto do universo. E esses pedacinhos foram atraídos para um pedaço de meteoro muito atraente que puxava os outros pedacinhos que foram formando grandes bolas gigantes./ Essas bolas gigantes formaram galáxias./ E foram se formando mais e mais planetas que se expandiam, formando mais galáxias e planetas./ Existiu também uma nuvem brilhante de poeira cósmica que explodiu e suas poeiras se espalharam e sentaram nos planetas e deu brilho a eles./ Esse grande meteoro que explodiu foi formado por matéria que se comprimiu com alta pressão e temperatura, e não aguentando explodiu./ Dessas galáxias também foram se formando os Sistemas Solares, dessa formação teve muita atração gravitacional, que também ajudou nos movimentos rotatório que os planetas fazem, em torno do Sol etc.

Elaboramos o Quadro 1, no qual as idéias prévias dos três alunos e a evolução conceitual foram sintetizadas. Para tal síntese, partimos das idéias de cada aluno antes da aula debate (idéias examinadas no questionário inicial) somente com referência à pergunta: Como surgiu o Universo? Em seguida, listamos os problemas mais significativos que foram debatidos na aula, tentando identificar o que cada estória apresentou referente a eles. Tais problemas foram: o que explodiu e os efeitos da explosão (que estão ligados ao conceito organizador explosões), as causas da formação das galáxias, e como teria se formado o Sistema Solar (que estão ligados ao conceito organizador atração gravitacional).

**Quadro 1 - Conteúdos expressos pelo aluno em sua estória e as relações com suas idéias prévias e as questões mais significativas tratadas em aula**

ALUNOS	IDÉIAS PRÉVIAS	PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA			
	QUESTIONÁRIO INICIAL				
	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?
<b>Juliano</b>	Explosão da nuvem brilhante	nuvem brilhante de poeira cósmica que se comprimiu e explodiu	expansão de bolas de matérias	a atração gravitacional e movimento rotatório juntou as bolas de matéria	continuação dos processos anteriores e, com o resfriamento, as bolas de matéria foram se arredondando, formando os planetas
<b>André Luiz</b>	não respondeu	nuvem brilhante que se esfria, com as partículas ficando sólidas e duras, e se comprimem até explodir. Ou explosão de meteoros	pequenos pedaços de meteoros são jogados a todos os cantos		uma atração gravitacional que prende os planetas para não se perderem no espaço
<b>Tábata</b>	Explosão de um grande meteoro ou planeta	explosão de grande meteoro causada pela compressão, aumento de pressão e temperatura da matéria deste	milhares de pedacinhos foram espalhados e estes foram puxados por um meteoro atraente formando os planetas	pedaços de meteoros muito atraentes puxavam os pedacinhos formando grandes bolas gigantes (as galáxias)	nas galáxias também foram se formando os Sistemas Solares, dessa formação houve muita atração gravitacional

**Quadro 2 - A representação do desenvolvimento conceitual dos alunos referente o tema "a formação do Universo"**

Alunos	Seqüência Narrativa				Narrativa sucessiva		Narrativa Causal		Padrão esp/tem	Escalas astron	Influência das idéias prévias			Direção das idéias construídas			
	completa	incompleta	débil	sem seq.	escrita	desejada	escrita	desejada			forte	médica	fraca	Modelo cient.	Bola de fogo	Outro modelo	NDA
<b>Juliano</b>	X				X	X	X	X	X	X			X	X			
<b>André Luiz</b>	X				X	X	X	X	X			X			X		
<b>Tábata</b>	X				X	X	X	X	X	X	X					X	

Seguindo a ordem dos alunos listados nos Quadros 1 e 2 pode-se notar que Juliano apresentou uma seqüência próxima ao modelo dos professores. Dos três alunos foi ele que assimilou melhor o modelo como um todo e suas partes. Ele mostra uma grande criatividade ao ajustar suas idéias prévias com as ensinadas. Para ele o início era a nuvem cósmica, porém havia aprendido que a explosão inicial fora a partir de uma matéria comprimida e com alta temperatura. Assim, introduz dois quadrinhos (Qs) 1 e 2, que não estavam presentes no modelo dado, para mostrar que são as partes da matéria comprimida (nuvem cósmica dividida em partes e justapostas) que explodirão. Nota-se nos Qs 2 e 3 que são essas partes que se expandem e se tornam as bolas de matéria. Para ele, as bolas de matéria do Q3 formariam algo que seria semelhante à nuvem cósmica do modelo do professor (primeiro quadrinho do modelo). Sempre acompanhando pela narrativa escrita, então, semelhante aos Qs 2 e 3 do modelo, ele faz o Q4 e Q5 mostrando as bolas de matéria formando as galáxias. No seu desenho final (grande espiral, como uma galáxia), são as mesmas bolas de matéria que vão arredondar compondo os planetas de nosso Sistema Solar dentro da galáxia.

Mostra alguma compreensão de escala espacial quando se utiliza da representação de uma grande espiral para, dentro dela, localizar o Sistema Solar (bolinhas de matéria). Sobre a qualidade da narrativa, Juliano, faz uma narração com história em quadrinhos com legendas (HQ1) e sua narrativa é sucessiva-causal. Através dos quadrinhos com suas figuras e fundo e suas legendas, lê-se a sucessividade dos fenômenos e a implicação lógica de causa e efeito entre os quadrinhos. É clara a unidade narrativa nestes, com cada um indicando e singularizando as mudanças espaciais em cada fenômeno.

Juliano mostra racionalidade e intuição. É intuitivo quando apresenta uma boa noção de contexto e síntese. O modelo funcionou como uma '*gestalten*', ele soube introduzir dois novos Qs (1 e 2) e o desenho final da espiral para amarrar com sua narrativa e formular um seqüência completa até o Sistema Solar, conforme fora solicitado, sem quebras ou lacunas importantes. Ele mostra capacidade analítica quando monta as partes, isto é, os quadrinhos, de modo a expressar a continuidade dos fenômenos através, também, da continuidade espacial. Pois, os quadrinhos estão ligados por representações que indicam claramente a identidade da mesma figura entre os quadrinhos. Auxiliado pelos elementos invariantes (por exemplo, figuras do Q1  $\cong$  figuras do Q2), podemos criar as imagens de ligação, e a sucessividade e a espacialidade dos fenômenos tem continuidade em nossa mente. As partes justapostas da nuvem cósmica tornam-se as bolas de matéria que continuam pelos quadrinhos formando as galáxias até transformarem-se nos planetas do Sistema Solar. Ele conseguiu elaborar, assimilando as idéias dos professores, uma concepção da formação do Universo até o Sistema

Solar.

Pela estória do André Luiz, ficou marcante a idéia de explosão e espalhamento dos meteoros no espaço. A estória do André indica o conflito ou a convivência de duas idéias que estão expressas em duas partes que se podem distinguir em sua estória. A idéia mais frágil parece ser a versão científica, narrada do começo da estória até o desenho muito parecido com o modelo visto em classe e, a mais sólida, a narrada a partir desse modelo até a sua HQI. Introduz a narração com o que é mais marcante de suas idéias: o espalhamento de meteoros pelo espaço. Em seguida, aparece o que ele absorveu da visão científica: o papel da atração gravitacional com a ilustração do modelo visto em classe. Depois vem a sua HQI que, de modo peculiar, narra o resfriamento e a compressão da nuvem cósmica analogamente a um processo de sedimentação antes de sua explosão. Na parte da discussão sobre a formação da Terra, quando começou a surgente noção de acreção, aventou-se, e não foi criticado, que a aglomeração seria semelhante à formação das rochas sedimentares. Talvez, aqui, esteja uma pista para essas idéias. A nuvem, agora, dura e sólida, como uma rocha sedimentar (Q2), explode espalhando meteoros para todos os cantos (Q3). De Q3 para Q4, a própria representação (identidade entre figuras) indica que são estes meteoros que formarão o Sistema Solar. Pode-se extrapolar que, o que juntou e não deixou os planetas flutuarem no espaço, foi a atração gravitacional explicitada na primeira parte de sua estória. Desse ponto de vista, o aparente conflito de idéias seria, na verdade, uma convivência.

André Luiz tem uma primeira parte que é uma narração com ilustração e uma segunda que é narração com HQI. Principalmente, na segunda parte de sua estória, está expresso a narrativa sucessiva-causal, lê-se a sucessividade dos fenômenos e a implicação lógica de causa e efeito entre eles. No desenho do André Luiz, não existe mudança de representação para explicitar possíveis diferenças de escala nos fenômenos astronômicos.

Diferente de Juliano, André não conseguiu trabalhar tão bem a intuição e teve dificuldades em integrar numa única seqüência narrativa suas idéias com as ensinadas. Ele não conseguiu integrar sua idéia prévia de compressão, como uma rocha sedimentar, e posterior explosão e espalhamento das partes explodidas com o modelo científico, que lhe dava todas as condições para justificar a junção dessas partes no Sistema Solar. Continuaria faltando uma lacuna importante que é a formação das galáxias antes do Sistema Solar, cronologia que de um certo modo começou a aparecer em seu texto escrito: “...vão se comprimindo e se explodem jogando pedregalhos de meteoros pela expansão da galáxia assim formando o Sistema Solar”. Faltou uma melhor intuição do todo e do contexto de maneira a facilitar uma síntese própria sua que integraria as duas partes de sua estória. O Juliano utilizou

o modelo como suporte lógico para essa integração. Para o André, parece nos que suas idéias prévias estão muito presentes, o que dificultou a integração, porém isso não obscurece o seu lado intuitivo, que surge em sua peculiar HQI. O André mostra capacidade analítica em sua HQI quando, como Juliano, utilizando os elementos invariantes, através dos quadrinhos, desvela o seu raciocínio de continuidade espacial, onde cada um indica e singulariza as mudanças espaciais de cada fenômeno. As partes da explosão, os meteoros, expandem-se e formam os planetas.

O central das idéias da Tábata aparece escrito no seu primeiro parágrafo. O que norteou a estória da Tábata foram as suas idéias prévias. Na verdade, ela fez um ajuste, um encaixe de algumas das idéias ensinadas com as suas. No questionário inicial, ela já havia escrito que a origem foi a partir da explosão de um grande meteoro que espalhou seus pedacinhos no espaço sem estar em fogo. Desse modo, o seu primeiro quadrinho desenhado ilustra essa explosão parecendo uma simbolização de divergência. No 4º parágrafo escrito ela utiliza as idéias dos professores para dizer que esse meteoro gigante foi formado por matéria comprimida e com alta temperatura. Ela teve um momento único na aula debate, quando expôs seu entendimento próprio da acreção na formação da Terra (o meteoro atraente...). Talvez, por isso, o evento mais importante, após a explosão e espalhamento, foi o meteoro atraente que, conforme o segundo desenho, foi atraindo os pedacinhos espalhados pela explosão formando os planetas. Depois então, ela utilizou os Q2 e Q3 do modelo científico para representar a formação das galáxias. Casando o escrito com os desenhos, esses pedacinhos formaram bolas gigantes (desenho 3) que foram formando as galáxias, espiralzinhas (desenho 4). Pelo seu segundo parágrafo, planetas e galáxias continuaram a ser formados. Em seguida, dessas galáxias foram se formando os sistemas solares. O Sistema Solar ela representou com uma grande espiral.

Pelo seu desenho, as galáxias e o Sistema Solar apresentam mesma forma, mas são de tamanhos diferentes, sendo o Sistema Solar maior. Esse foi o modo que ela, provavelmente, encontrou para representar o problema da escala espacial. Tábata faz uma narração com ilustrações e sua narrativa é sucessiva-causal. Desvendar a unidade narrativa necessita de uma maior atenção, já que a sua narrativa escrita é muito detalhada e, praticamente, utiliza os desenhos como ilustrações da parte escrita, sendo as legendas muito sintéticas. Essa dificuldade se deve porque, na parte escrita, ela muitas vezes retorna um ponto inicial para explicá-lo melhor e, também, porque os desenhos não apresentam uma sucessividade clara através de elementos invariantes. Apenas pela leitura dos desenhos, parece que eles são soltos e sem interligação.

A estória de Tábata já é marcadamente diferente das outras duas. Ela usou o raciocínio intuitivo, encaixando algumas das idéias ensinadas para explicar melhor a sua peculiar idéia de formação do Sistema Solar. Com boa capacidade de síntese e do contexto da narrativa ela ajustou explosão do meteoro, meteoro atraente, formação dos planetas, formação das bolas gigantes e galáxias, finalizando na formação do Sistema Solar. Diferente dos outros dois seu lado racional, analítico aparece melhor na sua escrita do que em seu desenho. Ela cria parágrafos próprios para explicar e amarrar melhor partes já escritas. Como já foi dito, os desenhos sem a parte escrita não formam uma seqüência narrativa claramente legível

Pode-se afirmar que das três estórias duas apresentam uma unidade narrativa entre a escrita e o desenho, sem quebras ou incongruências, de uma estória da formação Universo até o Sistema Solar mais próxima da versão 'oficial' ou não, uma, a de André Luiz, apresenta uma lacuna: a formação das galáxias. Todas as narrativas são sucessivas-causais e é evidente que existem narrações mais vigorosas que outras. Apresentam algum tipo de padrão espaço-temporal. Também apresentam indícios do tratamento da representação de escalas astronômicas, com exceção do André Luiz.

Pensando em futuras pesquisas, aproveitamos para formular uma hipótese que, apesar de estórias diferentes, o raciocínio intuitivo do Juliano e da Tábata, que lhes deu condições para apresentar seqüências narrativas mais completas, está fortemente baseado na assimilação do padrão espaço-temporal ensinado. Nota-se que o padrão de suas estórias é semelhante ao ensinado. O padrão dos quadrinhos do Juliano é: explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. O padrão do desenho da Tábata é: explosão-expansão  $\Rightarrow$  meteoro atraente-aglomeração. Então, provavelmente, a não assimilação completa do padrão por parte do André Luiz foi o que dificultou uma integração melhor de suas idéias prévias com o modelo ensinado. O padrão de sua HQI é: aglomeração  $\Rightarrow$  explosão-expansão.

### **Discussão**

Sempre para esse nível escolar, o estudo de caso mostrou-nos vínculos importantes entre a narração cotidiana e a narração histórica e a geocientífica. Mostrou-nos também que é possível o desenvolvimento de raciocínios de causa e efeito através do uso de narrativas e modelos. Claro isso foi possível através da dinâmica discursiva instaurada na classe pelos professores. O discurso e o contexto do discurso forçaram, colaboraram para desenvolver esses raciocínios peculiares, no caso, de Geociências. Isso reforça as idéias do livro coordenado por Scott (1992): a narrativa faz parte da linguagem da criança desde as suas primeiras tentativas de comunicação; enfatizar o discurso narrativo das ciências auxilia os

alunos a explicarem e a interpretarem melhor os problemas a serem enfrentados, bem como clarifica suas próprias idéias, já que a narração é uma autêntica e familiar forma de linguagem.

Não temos dúvidas que foi fundamental o trabalho com o modelo para o desenvolvimento dos raciocínios mais peculiares em Geociências. Com a introdução do modelo em quadrinhos sobre a formação das galáxias, esses raciocínios adquiriram um suporte lógico para evoluírem. A própria ordem da leitura dos quadrinhos, um após o outro, envolveu o conceito de tempo, de sucessão, de um antes e um depois. Com as imagens representando a suposta evolução de um evento, preformou-se uma narrativa sucessiva. Então, a utilização espontânea por alguns alunos das HQs em suas histórias foi uma decorrência ‘natural’, e indicativa de um aprendizado importante, qual seja, a da transformação do modelo em quadrinhos em uma narrativa. Isso foi conseguido com a aparente e simples introdução das legendas, isto é, com o casamento das figuras com a linguagem escrita. Na verdade, alguns alunos criaram uma HQ com o modelo, e outros uma narrativa escrita com ilustrações. Ou seja, os alunos compreenderam e utilizaram toda uma vivência cotidiana com narrativas e HQs para se expressarem sobre o assunto em estudo.

Parece-nos inegáveis os avanços. De uma aula debate em que tínhamos um modelo em quadrinhos, surgiram verdadeiras narrativas com HQs ou desenhos. Foi um exercício da noção de sucessão no tempo, e das possíveis implicações causais de um evento. Foi mais ainda: nós sabíamos da importância do casamento entre narrativa escrita e desenhos, mas foram os próprios alunos que nos mostraram o potencial do recurso de HQ.

Com as suas histórias, nós percebemos que a linguagem escrita teve um papel mais descritivo no sentido de conduzir a narrativa, bem como, as legendas foram utilizadas sempre com o sentido de generalizar o evento representado no(s) quadrinho(s). Já os desenhos se incumbiram de singularizar e concretizar a narrativa através de figuras representativas dos eventos, ou de um elemento importante da formação do Universo. Essa inicial generalização aponta para novos estudos: qual o papel do verbal e não-verbal no processo de contextualização e descontextualização de significações?

Foi possível mostrar como os alunos, com o suporte lógico dado, mostraram criatividade ao expressarem suas idéias. Nas palavras de Arnheim (1980), eles desenvolveram um ‘*pensamento visivo*’, determinados pela necessidade de estrutura do desenho, da busca de ordem e da presença de conceitos visuais. Trabalhando indissociavelmente a intuição e racionalidade, eles criaram suas histórias. As três histórias mostraram que, dentro de limites, as partes foram conformadas tendo em vista a sua colocação final no padrão global. O lado

intuitivo, eles mostram na unidade do todo, na planificação de proporções, no exercício dos problemas decorrentes da representação espacial das figuras (contorno, fundo) e na escolha das figuras que fossem representativas dos eventos a serem seqüenciados. O lado analítico, eles mostram ao se depararem com o problema de como salientar o objeto (nuvem, galáxias, etc) da própria caracterização dos processos da seqüência de eventos, permitindo-lhes tratar a cada momento em particular uma simples forma. Tudo isso nos mostrou os desafios que o uso das linguagens verbal e não-verbal colocam, por exemplo, como explorar a riqueza entre ícones, índices e símbolos utilizados? Esses três alunos fizeram algo elementar que é transformar ícones em índices (nuvem-nuvem cósmica, espiral-galáxias). Segundo Goodnow (1983), esse ato elementar, na verdade, é a aprendizagem de equivalentes, ou seja, é parte da aprendizagem de saber que uma coisa pode representar a outra, do aprender que palavras, fotos e diversos signos sobre um papel representam ou correspondem a outros objetos ou acontecimentos. Para o autor, essa aprendizagem parece ser muito mais uma questão de descobrimento e de extensão de regras do que imitação. Isso aponta para pesquisas interessantes. Arnheim (1980) discutindo os desenhos das crianças: *"um padrão formal, uma vez acrescentado ao repertório da criança, será usado -de um modo mais ou menos idêntico- para descrever objetos diferentes de estrutura análoga."* (p 169), cita como exemplo que um círculo pintado internamente de vermelho e externamente de amarelo foi usado por uma mesma criança para representar o Sol e uma lâmpada. E conclui: tal aplicação de um padrão adquirido a uma grande variedade de temas, com frequência, à custa da verossimilhança, pode ser encontrada mesmo nos mais altos níveis do pensamento humano, por exemplo, em configurações características do estilo de um artista ou nos conceitos chave de uma teoria científica.

Sobre os critérios que foram utilizados para analisar as produções dos alunos à luz das influências do ensino, acreditamos que eles podem adquirir um maior grau de generalidade, isto é, a sua aplicabilidade poderá auxiliar outros professores a ministrarem esse conteúdo ou outro que trabalhe com modelos, escalas espaço-temporais e narrativas sucessivas-causais.

Finalizando, acreditamos que uma boa parte dessa mediação de elaborar e aplicar modelos em quadrinhos sucessivos que embutem padrões espaço-temporais para representar eventos com gigantescas escalas espaciais e temporais, possa ser generalizada, a princípio, para outros eventos e fenômenos como, por exemplo, a formação de montanhas, de um vale, de um delta, etc, a deriva dos continentes, a expansão do fundo oceânico. Todos esses fenômenos naturais podem ser desmembrados em quadrinhos (estes em si indicarão a cronologia) com figuras representativas dos eventos mais significativos do fenômeno. Em

decorrência do estudo feito, está aí, uma sugestão de aplicabilidade mais geral para outros temas tratados no ensino fundamental. Também, segundo Ault (1994), modelos junto com mapas são básicos para representar os fenômenos com grandes escalas de espaço, tempo e energia tais como: circulação atmosférica, circulação oceânicas, ciclos de água, paisagens etc.

### **Descrição de paisagens geocientíficas na disciplina Português**

A atividade proposta pela professora de Português foi que os alunos primeiro pintassem uma fotocópia de paisagem geográfica do Atlas Visual A Terra (1996), buscando reproduzir as cores da imagem colorida original. Depois foi solicitado que eles fizessem uma descrição da paisagem e dessem um título à redação.

Alguns resultados são interessantes e desafiantes para discutir os problemas relacionados a leitura, compreensão e expressão de idéias científicas.

Os resultados apresentados foram analisados com base em duas perspectivas: compreender a escrita, como ponto de vista dos alunos a partir da imagem geográfica e discutir as relações entre gêneros lingüísticos e explicações geocientíficas.

A tarefa solicitada foi uma descrição, porém a análise dos textos dos alunos indica uma variedade de redações abarcando dois gêneros lingüísticos: a descrição e a narração. O objeto de leitura, a representação de uma paisagem geográfica, suscitou o gênero lingüístico descritivo. A descrição é uma tentativa de se traduzir, pelo verbal, caracteres qualitativos que os sentidos captam. As descrições encontradas foram a qualitativa, a indicial e a enumerativa. O exercício solicitava a descrição mas várias redações são narrativas. Por que isso, se na narração, como a própria palavra indica, o elemento principal é a ação: narra-ação? A narração trata, assim, do registro lingüístico de eventos ou situações de acontecimentos singulares em termos de agente/paciente e causa/efeito. As narrações encontradas foram a sucessiva e a causal (a classificação da descrição e narração foram baseadas em Santaella, 1980).

Uma mesma redação pode apresentar apenas um gênero lingüístico ou mais de um, por exemplo, apresentar um texto descritivo indicial e narrativa sucessiva. O modo e o sentido do texto escrito também foram importantes, redigem das partes para o todo e de cima para baixo, outros detalham aspectos da imagem sem um sentido claro de leitura ou redação, alguns caminham de uma impressão do todo, de uma qualidade para algumas partes que mais lhe chamaram a atenção. Seguem exemplos da atividade proposta:

Exemplos de descrição. A descrição indicial: *“Posso ver que tem dois rio e que um*

*dos rios passa de baixo da ponte na direita do desenho e posso ver também que tem muitas plantações e muito verde e é só isso que eu vejo*". Trata-se de um tipo de representação que dirige imediatamente a retina mental do receptor para o objeto em questão, objeto que dissecado pela linguagem verbal passa a ser composto em partes que indicam o todo. Já a descrição qualitativa: *"Eu vejo neste desenho muito verde que é o gramado do terreno porque o verde que está todo espalhado pelo terreno, vejo também as árvores que são verde, vejo o rio que é azul mas é pouco vejo mais o verde e é só isso que eu vejo de toda a imagem"*. Trata-se de uma certa busca da essência do todo, quando uma qualidade é ressaltada e descrita como o centro das atenções.

Exemplos de narrativas. A narrativa sucessiva: *"Tem uma nascente perto das montanhas que formou lagos e com algum tempo se transformou em vários rio que foi descendo o terreno até chegar no mar"*. Narra com uma ordem cronológica e há um encadeamento linear, ou seja, um fato acontecendo após o outro. A narrativa causal: *"Podemos observar que tem muitas montanhas no começo do desenho e perto das montanhas nasce um rio que vai descendo porque ele não pode ficar parado e precisa chegar no mar só que antes o rio vai se esparramando pelo verde e vai molhando"*. Narrativa que pressupõe sempre um julgamento avaliativo de uma ação sobre a outra, ou seja, ela estabelece uma relação de causa e efeito, de implicações lógicas e não apenas cronológicas.

Se o ver o mundo aparente das coisas foi traduzido através do verbal pela descrição, parece que a narração surgiu de uma necessidade cotidiana de buscar explicações para o observado ou o objeto geocientífico suscitou o leitor/redator a constituir explicações de causalidade e narrativas. Isso assinala para dois pontos que também discuto em outro trabalho (Compiani, 1998): i. que as narrativas como forma de pensar e como estrutura para organizar o nosso conhecimento têm um potencial educativo muito grande no ensino de ciências (Bruner, 1997 e Martins et. al., 1997); ii. a sala de aula é um local privilegiado para investigar as relações entre visões científicas e cotidianas e entre discursos científicos e narrativas.

Como as redações dos alunos mostram, ver e descrever apresentam ambigüidades. As representações da natureza não são dadas e objetivas e a sua leitura isenta de várias interpretações. Nossos sentidos não são apenas 'janelas' para o mundo exterior. A intervenção da mente humana na percepção-interpretação de um fenômeno não é uma atividade de natureza passiva. Isto é, a mente exposta a uma 'chuva de perceptos' do exterior simplesmente os receberia e interpretaria, ficando a eficácia desta atividade controlada tão somente pela nossa capacidade de elaborar bons experimentos. Há uma dualidade interessante entre a experiência perceptiva e a nossa compreensão do mundo que aflora tanto no discurso

científico quanto no cotidiano e que um dos palcos privilegiados para ‘administrar’ essas questões é a sala de aula (Edwards, 1998).

### **Experiência com o ciclo da água na disciplina de ciências**

É necessário iniciar os estudantes no exercício de causas e efeitos mais distantes temporal e espacialmente do seu dia-a-dia; exercitar a explicação de fenômenos com causas diversas de modo a progressivamente irmos construindo um raciocínio mais complexo, diferente da causalidade linear e simples. Um dos passos é trabalhar com as gigantescas escalas espaciais e temporais e a observação indireta de vários dos fenômenos naturais tratados pelas Geociências. Exercitar uma outra concepção de experiência em que se parte da observação da natureza e do céu com grande ênfase na percepção/abstração, descrição e expressões gráficas. Concepção/prática de experiência que traz aspectos diferentes da prática em física e química. O período de 5ª a 8ª série do Ensino Fundamental é parte fulcral para se constituir os raciocínios mais complexos.

O trabalho com o tema “ciclo da água” buscou integrar experiências em sala de aula que pudessem auxiliar na compreensão dos processos físicos do ciclo da água, do princípio de Pascal com uma série de estratégias e recursos mediadores de ensino para tratar a espacialidade, observações diretas e indiretas envolvidas nos fenômenos em estudo.

A partir de duas idéias prévias de que a água mineral ou vem de processos superficiais ou da profundidade do subsolo foram utilizados uma série de estratégias e recursos mediadores de ensino que ressaltavam, buscavam tratar, principalmente, da espacialidade envolvida nos fenômenos em estudo. Por exemplo, o uso de transparências figurativas (blocos-diagramas do ciclo hidrológico (p. 40) e dos elementos de um sistema de águas subterrâneas (p. 45) do Atlas Visual A Terra (1996) exemplificando o ciclo da água em superfície e no subsolo.

Realizou-se a seguinte experiência com o objetivo de buscar alguma analogia para a compreensão da infiltração da água. Foi dado aos alunos (grupo de 05 alunos cada) um bécker com areia e um copo com água. Foi-lhes solicitado que adicionassem a água ao bécker com areia e observassem a experiência. Como exemplos cito o diálogo da observação feita pelos alunos:

- 1- *“A água demora para chegar no fundo do bécker”;*
- 2- *“Ah! os grãos menores desceram para o fundo do becker e os maiores ficaram em cima”;*
- 3- *“Ah! tá saindo bolhas”;*
- 4- *“Ah! Eu pus muita água por isso ela está boiando”.*

A partir da primeira e terceira frases dos alunos, a professora estabeleceu a relação entre os termos “poros” e “espaços”, dizendo que entre os grãos havia realmente estes espaços/poros que possibilitavam a infiltração da água.

Professora: *“Por que será que saíram bolhas após a adição da água à areia?”*

Aluno: *“É porque tinha ar...”*

Professora: *“Mas onde o ar estava?”*

Aluno: *“Ah! Ele estava entre os grãos...”*

Professora: *“Quer dizer que entre os grãos havia ‘espaço’ com o ar?”*

Aluno: *“Sim.”*

Professora: *“Mas por que saíram bolhas?”*

Aluno: *“Porque a água entrou em seu lugar.”*

Professora: *“Quer dizer que o ar e a água não ocupam o mesmo espaço entre os grãos?”*

Aluno: *“Sim.”*

A quarta frase permitiu construir o conceito de zona saturada e zona não saturada.

Professora: *“Por que será que a água não infiltrou mais?”*

Aluno: *“Porque tem água demais e ela encontrou um obstáculo que não permitiu que ela se infiltrasse mais...”*

O aluno comparou a parede de vidro do bécker à rocha impermeável que não deixava a água se infiltrar. A água que preenchia os espaços entre os grãos foi comparada à formação do lençol freático. A água na superfície, acima da areia, foi comparada a água de um lago. Foram retomadas as primeiras transparências figurativas mostrando a zona de saturação e de não-saturação, o papel da rocha impermeável para a formação do lençol subterrâneo e do lago. Parece que foi útil o uso da transparência à medida que os alunos estabeleceram uma comparação do ciclo da água subterrâneo com o processo de infiltração da água que dá origem aos elementos de um sistema de água subterrânea. Alguns dos processos de infiltração são observados diretamente e outros não são possíveis. Os alunos vêem a água se infiltrar no solo, mas eles não vêem a água ir saturando-se e formando o lençol freático. Daí a necessidade do recurso visual para ‘modelar’ os processos de observação indireta.

A professora explicou que a chuva ao cair sobre a superfície terrestre pode escoar ou infiltrar dependendo do tipo de relevo. Estabeleceu-se a diferença entre os termos escoamento e infiltração. O escoamento ocorre na superfície dos solos/montanhas. A água infiltra-se nos poros existentes no solo. O solo ao saturar-se pode dependendo do relevo dar origem às minas e nascentes

Foi proposto aos alunos um exercício com o objetivo de discutir a compreensão do processo de formação da zona saturada e, conseqüentemente, o processo de formação de um lago ou rio. Através do seguinte questionamento: *“O que aconteceria se chovesse*

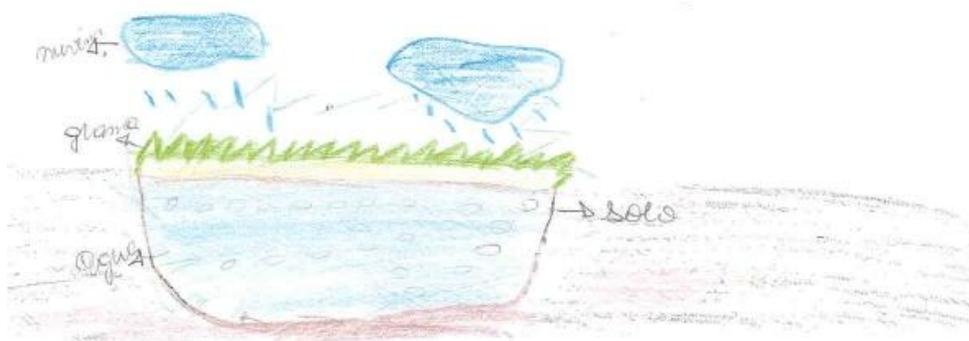
*intensamente durante alguns dias nos diferentes tipos de relevos?” (Esquemmatizou-se no quadro-negro dois tipos de relevo, plano e acidentado).*

A maioria dos alunos respondeu que encharcaria o terreno plano, formando poças. As transparências trabalhadas antes facilitaram essas respostas. A resposta ao relevo acidentado foi dada com mais reserva, mais timidez. Parece que o questionamento deixou boa parte dos alunos um pouco perplexa diante do que, de fato, ocorreria. Em contrapartida, um aluno afirmou que *“parte da água escoaria superficialmente e a outra infiltraria. Quando a água encontrasse um obstáculo (uma rocha por exemplo) depositar-se-ia nos espaços entre os poros até atingir um nível de saturação tal que, surgiria em outro ponto, formando as nascentes”*.

Outro aluno, associou o processo de formação das nascentes ao princípio de Pascal. Na aula sobre a pressão da água, a professora trabalhou o conceito usando uma bexiga previamente furada e água da torneira. O aluno disse que *“quando a água infiltra, encontra uma rocha e vai se depositando até atingir um nível de saturação. Aí ela é forçada a sair no ponto mais baixo do terreno. A chuva pode ser comparada a água da torneira que infiltrava e, ao encher parte da bexiga, a água saía nos furos existentes na parte mais baixa da bexiga.”* O aluno associou o princípio exposto ao processo de formação das nascentes.

Para exemplificar a riqueza das mediações, explicações e interações coletivamente instauradas sobre o tema, discutirei os resultados da sexta questão de uma das avaliações, que tinha como objetivo verificar como o aluno iria representar a formação de um reservatório de água subterrânea. Algumas das respostas foram:

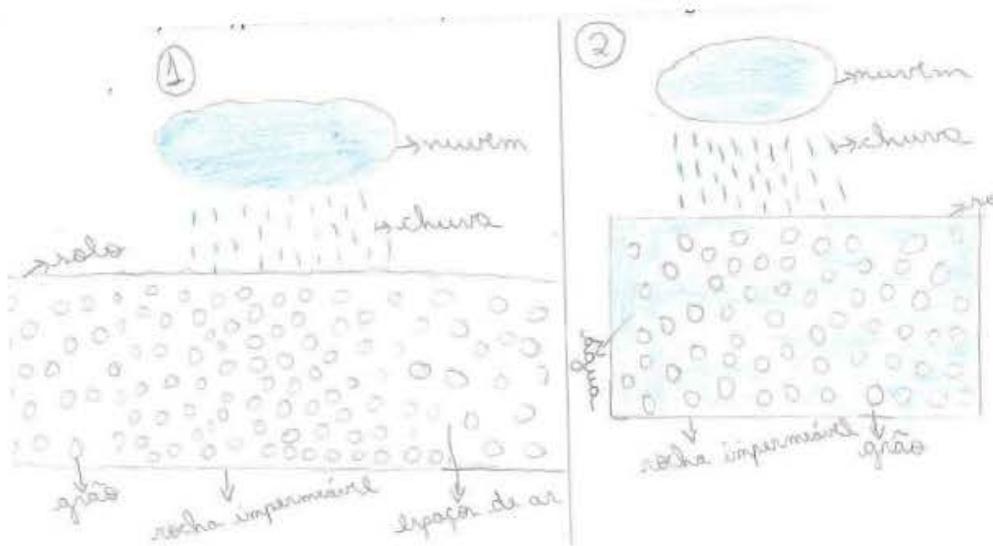
**figura 1**



Na figura 1, o aluno representou a água entre os poros apenas dentro de um reservatório, para ele foi necessário deixar claro os limites do que seria uma caixa d'água no subsolo.

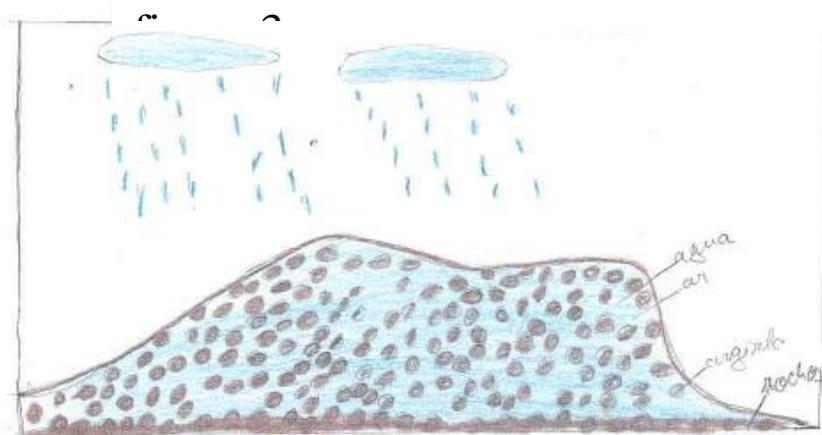
Na figura 2, o aluno representou utilizando como base de seu desenho os quadrados/legendas feitos pela professora para exemplificar os poros do subsolo.

**figura 2**



Na figura 3, o aluno representou a montanha com os poros e partículas de solo como a professora havia desenhado na lousa na sua explicação de zona saturada e não saturada.

**figura 3**



Na figura 4, o aluno representou, talvez o que de mais marcante lhe ficou do experimento (bécker/areia/água).



**figura 4**

Na figura 5, o aluno fez a representação mais próxima do que seria o esquema científico. Esse esquema, como de mais alguns outros alunos, foi criação do mesmo, pois a professora não havia feito nada parecido na lousa. O aluno integrou de algum modo as imagens, conceitos trabalhados em sala, e, além disso, conseguiu representá-los. O aluno conseguiu representar e integrar conceitos importantes como o da impermeabilidade de uma superfície para reter a água, a porosidade, zona saturada da água subterrânea, zona não saturada e infiltração.

3) Mostre, por meio de um desenho, como é um reservatório de água subterrânea.

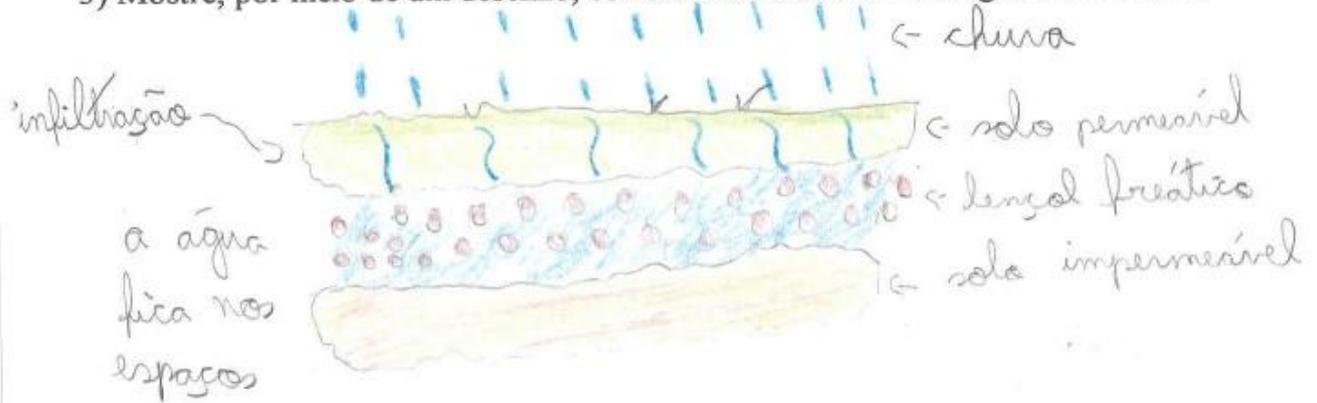


figura 5

Algumas observações importantes:

1) Na figura 1, a palavra “reservatório” pode ter induzido o aluno a limitar a representação do mesmo;

2) Não foram trabalhadas devidamente as escalas de informação. Quando da utilização das ‘legendas’ pela professora, ela não introduziu a noção escalar, ou seja, que os quadrados estavam em escala maior representando o subsolo com seus poros, e, também, não discutiu o conceito de representação por legenda. Para o aluno, os quadrados representavam o subsolo e foi isso que desenhou (figura 2).

3) O mesmo descuido com a escala e não utilização de uma representação para mostrar em escala maior o subsolo ocorreu quando ela desenhou o perfil da montanha e os poros e partículas do solo ‘gigantes’, que acabou sendo representado pelo aluno na figura 3. Aqui outro problema é a questão da representação bi-dimensional de uma montanha que é tri-dimensional. O conceito de perfil e no caso de uma montanha é o que a professora desenhou na lousa;

4) Quando do experimento realizado (bécker/areia/água) para ilustrar a infiltração e saturação dos poros, um aluno havia extrapolado que o fundo do bécker seria a rocha, a professora naquele momento, não aproveitou a fala do mesmo para aproximar e discutir que o experimento está modelando os fenômenos da natureza. No desenho da figura 4, o aluno reteve a idéia do bécker e a associação feita de que o fundo do mesmo seria a rocha impermeável.

### **Algumas idéias para continuidade dos estudos**

Utilizei 5 representações dos alunos para exemplificar a riqueza das respostas. No início da aula, quando do levantamento das idéias prévias apenas 2 alunos mostraram indícios de noções da água subterrânea. Ao final, praticamente todos já sabiam da existência da água subterrânea e mostrei alguns dos desenhos. A figura 5 incluindo a figura 1 representam os desenhos que mais se aproximam de um modelo do subciclo subterrâneo da água. Modelo porque sintetizam imagens e palavras que representam objetos e fenômenos visíveis e não visíveis, porque houve necessidade de construir conexões e raciocínios em bases perceptivas e abstratas.

É possível caminhar um pouco mais e discutir que os alunos, a partir de e da falta de vários recursos mediadores (imagens, experimentos, diálogos) para trabalhar a espacialidade e coisas visíveis e não visíveis, foram criativos ao expressarem suas idéias. Nas palavras de Arnheim (1980), alguns alunos desenvolveram um '*pensamento visivo*', determinados pela necessidade de estrutura do desenho, da busca de ordem e da presença de conceitos visuais: lençol freático, base impermeável, topo permeável, processo de infiltração e saturação dos poros do solo. Parece que trabalhando indissociavelmente a intuição e racionalidade, eles criaram seus modelos.

O intuitivo está mais ligado à percepção visual e à representação espacial. É o lado intuitivo que lida mais facilmente com o contexto, com a estrutura global, com a forma, o fundo e o contorno.

Creio que é necessário esclarecer algumas idéias sobre a intrincada dialética entre o racional e o intuitivo. Arnheim (1987) defende que a intuição e a racionalidade são dois procedimentos próprios da cognição e esta é um *continuum* que vai da percepção imediata até os construtos teóricos mais elaborados. Para o autor, as capacidades que normalmente vêm atribuídas à racionalidade - aquela de distinguir, de confrontar, de delimitar e, assim por diante - operam já na percepção elementar. Ao mesmo tempo, cada ato do pensamento solicita uma base sensorial.

Sem a intenção de aprofundar, mas de assinalar algumas considerações, é interessante a idéia discutida por Vickers (1979) e Arnheim (1987) de que existam, pelo menos, dois principais modos de conhecimento: a racionalidade e a intuição. Um indivíduo usa ambas em apropriadas (ou não) combinações, no seu esforço interminável para conhecer o mundo, no qual ele se encontra. Para Vickers, a racionalidade é mais dependente da análise, raciocínio lógico, cálculo e descrição explícita; já a intuição é mais dependente da síntese e

reconhecimento de padrão, do contexto, das relações entre componente singular e outros aspectos da organização perceptiva e das múltiplas possibilidades de relações entre figura e fundo. Para Arnheim (1987), a racionalidade serve para abstrair do contexto individual suas características de elemento e evento, buscando a generalização para propiciar a classificação; já a intuição fornece a estrutura global de uma situação e determina a posição de cada elemento internamente ao global. Recolocando as idéias, são dois modos de pensar indissociáveis: o primeiro (lógico) envolve a abstração e a manipulação de elementos sem considerar as formas às quais estão combinados; o outro (perceptivo) envolve o reconhecimento ou a criação de formas, sem considerar os elementos que as compõem.

O lado intuitivo, os alunos mostram na unidade do todo (desenho), na planificação de proporções, no exercício dos problemas decorrentes da representação espacial das figuras (contorno, fundo). O lado analítico, eles mostram na forma de desenhar que fossem representativas dos objetos e eventos e ao depararem com o problema de como salientar o objeto: poros e partículas, zona saturada e não saturada, permitindo-lhes tratar em particular uma simples forma.

Tudo isso nos mostrou os desafios que o uso das linguagens verbal e não-verbal colocam, por exemplo, como explorar a riqueza entre ícones, índices e símbolos utilizados? Segundo Goodnow (1983), esse ato elementar, na verdade, é a aprendizagem de equivalentes, ou seja, é parte da aprendizagem de saber que uma coisa pode representar a outra, do aprender que palavras, fotos e diversos signos sobre um papel representam ou correspondem a outros objetos ou acontecimentos. Para a autora, essa aprendizagem parece ser muito mais uma questão de descobrimento e de extensão de regras do que imitação. Isso aponta para pesquisas interessantes.

Concordo com Massa (1994) que as Geociências requerem todo um trabalho de simbolização para 'concretizar' e figurar os conceitos; estas 'imagens' criadas tornam-se um verdadeiro código icônico. Desse modo, os modelos requerem todo um contínuo passo da imagem ao conceito e, deste, às hipóteses explicativas que, por sua vez, retornam à imagem e assim por diante.

Outro aspecto que gostaria de discutir é a visão predominante de enfatizar os sentidos, de partir sempre do concreto para o abstrato, do conhecimento direto (sensorial-observável) para as abstrações. Por que não trabalhar com o não-observável? O grande salto para o conhecimento científico é o abandono da prova sensorial. Os objetos e fenômenos do subciclo da água subterrânea envolvem modelações abstratas. O aluno para entendê-las deve esforçar-se no campo da abstração, intuição e racionalização. O ensino baseado do sensorial para o

abstrato não está preocupado em modificar um modo enraizado do pensamento cotidiano que é: o que não se percebe não se concebe. A linearidade de pensamento do concreto para o abstrato e a implícita lógica indutiva neste raciocínio dificilmente gerarão resultados positivos para que os alunos abandonem a necessidade de sempre buscarem explicações com recursos dos sentidos. Devem mover-se, também, de um pensamento abstrato para o concreto e para o próprio abstrato.

Assim, para mim, um dos problemas reside na visão em enfatizar sempre que a formulação de conceitos se inicia através do imediato: de observações e de experimentos; ou seja, do sensorial e da prática manipulativa. Parece que é extremamente piagetiana essa visão que tem por trás um enfoque evolutivo, que caminha das operações concretas às operações formais, e isso acaba enfatizando a lógica indutiva como a única construtora de conhecimentos, mesmo sabendo as opiniões e críticas de Piaget ao indutivismo. E tanto muitos dos piagetianos quanto as novas correntes construtivistas que acentuam o lado sensorial das idéias prévias dos alunos, recaem neste erro de valorizarem, de apenas trabalharem com a lógica indutiva. No entanto, o próprio Piaget, segundo Pope & Gilbert (1988), criticava a idéia de proceder do concreto ao abstrato em todos os domínios do ensino. Piaget observou que a lógica das crianças trata às vezes de totalidades indiferenciadas, globais e às vezes com partes isoladas e observou, também, que certas crianças podem alcançar o nível de operações formais em algumas áreas que conheçam bem, sem alcançar os níveis formais em outras áreas. Portanto, segundo os autores, não podemos sempre proceder a partir das partes analíticas que, para os professores e para a lógica das ciências, são mais simples do que partir da totalidade. Não podemos aceitar a visão empirista ingênua sobre os mecanismos de criação científica na qual, a partir da manipulação dos objetos e de sua caracterização através das propriedades, estamos relacionando objetos e encadeando propriedades para chegarmos às sistematizações conceituais. A visão ingênua de que se pode captar ontologicamente o objeto. O mundo não contém propriedades (como formas, sabores, etc); estas constituem conceitos elaborados abstratamente. Bakhtin (1981, p. 51) soluciona bem a questão: *"a significação só pode pertencer ao signo, esta constitui a expressão da relação do signo, como realidade isolada, com uma outra realidade, por ela substituível, representável, simbolizável. É impossível representar a significação à parte do signo, como algo independente, particular. Isso é tão inexequível como considerar a significação da palavra cavalo como sendo o cavalo particular que tenho diante dos meus olhos. Se assim fosse, seria possível, tendo comido uma maçã, dizer que se comeu não uma maçã, mas a significação da palavra maçã."*

É evidente que estamos sempre esbarrando na semiótica, os modelos são icônicos e simbólicos e por aí vai... Uma pesquisa em Educação e Geociências é interdisciplinar e são necessárias incursões em diversas áreas. Por isso, também, apenas esbocei uma discussão psicológica do intuitivo X racional, que sem dúvida alimenta uma complexa discussão entre experiências perceptivas e construção de significados; aliás um dos motivadores dessa palestra. Também, na parte que discuti a disciplina Português, há outra bela questão: as narrativas mais do que um gênero lingüístico seriam uma forma de pensar e uma estrutura para organizar o nosso conhecimento cotidiano e científico?

### **Trabalhos práticos no ensino de Geologia/Geociências**

Acreditamos que esta discussão tratará de dois pontos que aparentam ser paradoxais, pois queremos derrubar a falsa crença que para o aprendizado ser ativo e os estudantes aprenderem significativamente é necessário o uso de experiências diretas, por outro lado, o trabalho prático tem características próprias e exclusivas para um efetivo aprendizado de ciências e em específico de Geociências.

O primeiro caso tem levado ao uso generalizado e irreflexivo dos trabalhos práticos tanto pelos professores quanto pelos elaboradores das propostas curriculares. Hodson (1992, 1994) aponta que os trabalhos práticos, de um modo geral, são superutilizados, ou seja, são vistos como uma atividade normal e que servirá para ajudar o professor a alcançar todos os objetivos de aprendizagem estipulados. Poucos sabem explorar o autêntico potencial dos trabalhos práticos nas escolas. Normalmente as práticas são confusas e carecem de valor educativo real. Normalmente, os estudantes adotam os procedimentos como receitas seguindo passo a passo, e/ou concentram-se em único aspecto do experimento, com a virtual exclusão dos outros, e/ou mostram um comportamento aleatório que parece que estão muito ocupados.

Segundo Hodson (1994), há uma crença que a experimentação é fundamental para o ensino de ciências derivada da busca de uma assimetria com a importância que a experimentação tem na prática científica. A teoria da Ciência não contém dentro dela um meio de ensinar e aprender, nem o método científico representa um meio significativo de se ensinar conhecimento científico. Experiências de aprendizagem não devem ser uma tentativa de imitar o método científico. As crianças descobrem só quando coletam dados com a mente aberta, a postura de curiosidade e investigação deve ser propiciada pela mediação do professor. É incorreta a suposição de que trabalho prático deve ser feito somente nos laboratórios e com experimentação. Existem uma série de trabalhos que podem ser práticos e

não envolver experimentação, tais como uso de computador, análise de estudos de casos, entrevistas, debates, feitiço de modelos, maquetes, vídeo, seqüência de slides, etc. No subitem ‘o papel do experimento no ensino de ciências’ vamos detalhar essa discussão.

O segundo caso é aparentemente paradoxal com o primeiro. Não negamos que os trabalhos práticos têm importância vital, mais especificamente defendemos que uma série de habilidades envolvidas na experimentação segue um padrão quase ‘artístico’ e, por isso questionamos se a transmissão de tais habilidades por meios puramente verbais é suficiente. Mas, isso ao contrário significa redefinir os trabalhos práticos no ensino de ciências para não utilizá-los sem qualquer valor educativo.

### **O papel do experimento no ensino de ciências**

Vamos discutir aqui o perigo que é tentar criar atividades práticas como se os estudantes fossem pequenos cientistas. Não de menor importância será a discussão que os experimentos não podem ser usados para confirmar ou refutar uma teoria estabelecida.

O slogan nos currículos de Ciência “aprender ciência pela descoberta” e ênfase na ciência como método investigação foi vislumbrado como uma alternativa ao tradicional ensino de ciências como transmissão de um dado corpo de conhecimento estabelecido. Talvez essa visão de ensino de ciências foi tão amplamente e vigorosamente promovido porque funde a clássica visão empiricista-dedutivista com a progressista visão de educação centrada no aluno.

Embora alguns o defendam baseados numa abordagem psicológica, os que criticam, também não negam a participação ativa dos estudantes na construção de significados. A necessidade de guiá-los através da redescoberta do conhecimento aceito incute nos estudantes a inquietação que as “coisas devem acontecer”, é um estágio gerenciado da pseudo-descoberta do inevitável, projetando uma imagem da Ciência autoritária e doutrinária. Como Edwards & Mercer (1987) já discutiram com profundidade, as crianças sentem-se frustradas, porque freqüentemente elas fazem observações e descobertas, com as quais o professor, por causa de sua ênfase no conhecimento prático e na existência de uma redescoberta já ‘pronta’, desqualifica como irrelevante ou errada. O professor enfatiza os procedimentos como se fossem rituais desconectados dos princípios ou idéias gerais e concepções que embasam o experimento dado. Embaraçadas com tais experiências, as crianças rapidamente perdem a confiança e incentivo para perseguir tais atividades. Os autores deixam muito claro a contradição instaurada por esses professores, pois é pressuposto da redescoberta que os alunos descubram as idéias científicas por eles mesmos, no entanto, não existe de fato liberdade para

observações e respostas não prescritas. De um modo geral, o professor conduz as lições pelo controle e não pela negociação de significados relevantes em debate. Millar (1989) aponta que os professores, como postura fundamental, não podem negar a discussão e a negociação do significado do que foi observado e experimentado em sala de aula. Principalmente para aqueles professores que se apoiam na ‘autoridade’ dos livros didáticos para a realização dos experimentos, é necessário dar uma grande atenção aos pontos de vista que os estudantes trazem e formulam durante as tarefas realizadas. Segundo Millar é legítimo que os professores introduzam uma visão estabelecida de ciências, mas necessitam estar cientes de que por mais controle que estabeleçam, os alunos estarão reconstruindo individualmente os significados do experimento. Por isso, as atividades em classe precisam ser reorganizadas para maximizar as oportunidades de articular as construções dos estudantes com a visão do professor, buscando uma mediação entre as idéias cotidianas e as científicas. Essa visão de aprendizagem construtivista é muito diferente da aprendizagem por descoberta.

Existe toda uma outra crítica que considera inaceitável que o aluno “descubra” uma alternativa científica ao paradigma prevalecente. Normalmente, no contexto escolar, essas práticas de aplicações às novas situações, são consideradas como se fossem 'experimentos cruciais'. Isto é, busca-se um experimento exemplar, que seja um contra-exemplo frente às idéias dos alunos a serem mudadas, cuja generalização de sua resolução seja o conceito ou os conceitos cientificamente mais aceitos. No entanto, segundo várias das atuais correntes filosóficas, uma teoria ou mesmo uma hipótese não é abandonada apenas por 'experimentos cruciais'. Os experimentos devem ser enfocados como abertos, não como réplica ou simulação. Collins & Shapin (1989) têm demonstrado que julgamentos baseados em experimentos são de caráter aberto. Para eles, descobertas experimentais são vistas como inerentemente possíveis: todas as descobertas experimentais podem ser criticadas, e nenhuma precisa ser considerada como uma crucial confirmação ou desconfirmação de uma teoria testável. Se a história das ciências tem mostrado a relatividade da noção de prova desses 'experimentos cruciais', apontado a complexidade das construções científicas, não me parece convincente que apenas bons experimentos exemplares possam propiciar a também complexa construção de conhecimentos por parte dos alunos. Precisamos modificar essas práticas que fazem uma ponte simplista e reducionista das ciências para o ensino das ciências. Essas práticas didáticas acabam reforçando as mudanças conceituais apenas pela via empírica e a expressão dos resultados apenas pela linguagem verbal e escrita. Por isso, concordo com Giordan & Vecchi (1988), ao assinalarem que devemos, em classe, com os alunos, abandonar a idéia de que os conceitos se elaboram unicamente a partir das experiências.

A crítica do ponto de vista epistemológico foi apontada por Habermas (1983). Ele nomeia como visão analítica de Ciências a visão que afirma que os métodos empírico-analíticos aceitam somente um tipo de experiência, aquela definida por eles. Dentro dessa visão, só a observação controlada em um contexto determinado, organizada de tal forma que a mesma possa ser reproduzida por qualquer sujeito, pode levar à elaboração de juízos perceptivos intersubjetivamente válidos. Possibilitam prognósticos definidos de processos objetivos, já que têm a pretensão de separar cirurgicamente os juízos de valor dos juízos de realidade. Estatui-se a pretensão de que as hipóteses obtidas dedutivamente sejam corretas no plano lógico e rigorosas no plano empírico. A experiência com base nesta metodologia comanda a elaboração dos conhecimentos, porque a construção das teorias ocorre a partir de um sistema dedutivo de enunciados hipotéticos que serão verificados empiricamente. Isso fica evidente com a seguinte discussão de Hempel sobre o significado da teoria: *"Para discutir amplamente este ponto será de utilidade referir-se primeiro à distinção familiar entre os dois níveis da sistematização científica: o nível da generalização empírica e o nível da formação da teoria. As primeiras etapas do começo de uma disciplina científica pertencem ao primeiro nível que se caracteriza pela investigação das leis (de forma universal e estatística) estabelecendo as relações entre os aspectos observáveis diretamente da matéria sob estudo. As etapas mais avançadas pertencem só ao segundo nível onde as investigações se circunscrevem a leis compreendidas em função das entidades hipotéticas, as quais explicam as uniformidades estabelecidas no primeiro nível."*, (Hempel, 1958 -The theoretician's dilemma; a study in the logic of theory construction, p.41 -Apud Kitts 1970, p.80).

Segundo Habermas (op. cit.): *"Os métodos empírico-analíticos enfatizam a contrastabilidade das hipóteses legais, seja o objeto, determinado material histórico, ou fenômeno particular no âmbito da natureza."*, (p.281). Para o autor, uma teoria com nível de contrastabilidade suficiente no plano empírico, com base em seus enunciados gerais, possibilita-nos de subordinar o caso a uma lei (as leis são elaboradas com auxílio de condições aleatórias que determinam um caso específico) e elaborar um prognóstico para a situação específica. A situação descrita pelas condições aleatórias é denominada causa, e o fato previsto, evento. Se utilizarmos uma teoria para prever um fato conforme descrito, diz-se que podemos 'explicar' o fato em tela. Assim, a explicação causal e a previsão condicionada aparecem como expressões diferentes para idêntica postura no âmbito das ciências analíticas.

Ora, paralelamente, às regras lógico-formais necessárias a construção de um sistema dedutivo de enunciados hipotéticos, surge a necessidade da escolha de fundamentos prévios

de tal maneira simplificados que permitam deduzir a formulação dos fundamentos legais significativos no plano empírico. Para termos uma construção de teorias subordinada ao método, este sistema de regras, que implica especificar um modelo de racionalidade, deve ser o mais restrito e definido possível, de forma a garantir o próprio método. Todavia isso parece impossível para Pera (1982): *"...a exatidão e a adequação de um sistema de regras são propriedades que não se satisfazem ao mesmo tempo. Se as regras são exatas, então não são adequadas a todas situações; se ao invés são adequadas, então são genéricas e incompletas. É este princípio da indeterminação metodológica que fornece a prova do paradoxo do método científico: a ciência caracteriza-se pelo seu método, porque sem método não existe nem objetividade e nem sistemacidade do conhecimento, mas a caracterização do método destrói a ciência, porque um código não genérico de regras exclui agora ou mais tarde situações que se deseja considerar científicas."*, (p. 27)

Outro ponto crítico desta visão é a máxima epistemológica: proclamam a coincidência fatural entre as hipóteses derivadas e as regularidades empíricas. Isso explica o que diz Habermas, as teorias empírico-analíticas nada mais são do que esquemas ordenados, construídas em marcos sintáticos definidos em conformidade com suas prescrições. Mas não existe em qualquer nível uma correspondência no plano ontológico entre as categorias científicas e as estruturas da realidade. A verdade do conhecimento não se exaure nos fatos empíricos; não existe consciência cognitiva absoluta. *"É indiscutível o fato de que não existe experimento capaz de comprovar a dependência de um fenômeno singular da totalidade, na medida em que a totalidade, constituinte dos fenômenos passíveis de apreensão, não é e nem poderá ser apreendida pelos métodos particularizadores implícitos nos experimentos."*, (Habermas, op. cit., p. 280)

Muitas correntes construtivistas, que enfatizam as mudanças conceituais não percebem que há contradições quanto à relação epistêmica entre sujeito e objeto, não podemos cair no primado do sujeito: os conceitos, as idéias são considerados como construções de representações internas pois não pode haver nada conceitual ou proposicional nas coisas em si; ou no primado do objeto: como se o conhecimento 'habitasse' os objetos a serem conhecidos, sua cognição é reflexo especular ou duplicação mental da realidade. Devemos criticá-las porque o primado do sujeito absolutiza o método e as regras abstratas de uma metodologia e perdem de vista o ato-de-se-constituir dos objetos e ignoram as realizações sintéticas do sujeito cognoscente; já o primado do objeto imputa ao conhecimento um caráter ontológico que deriva para uma metafísica dos conceitos universais, que faz do homem uma entidade abstrata.

## **Redefinir os trabalhos práticos**

Sempre existe uma visão epistemológica de ciência, uma visão pedagógica da prática escolar que está influenciando na escolha pelo professor do método de aprendizagem, este tendo claro ou não. Como ensinar? Nem a Ciência, nem a filosofia da Ciência, nem os estudos de metodologia do ensino dão um método infalível como proceder.

Poderia ser argüido que o ensino de ciências, de Geociências e de Geologia em particular deveriam ser regidos por uma coerência programático-metodológica que perpassasse as teorias geológicas veiculadas pelo ensino, as concepções filosóficas que procuram explicar as ciências, em específico as Geociências, e seu arcabouço teórico, uma explicação e contextualização histórica que suportasse as metaexplicações firmadas.

Mesmo os autores que enfatizam a importância da coerência teórica no sentido de formar uma imagem mais correta da ciência e do trabalho dos cientistas, algumas vezes mencionam a dificuldade de realizar tal meta e, por fim, acabam mostrando que a imagem de ciência veiculada pelo ensino é incoerente pois mistura noções contraditórias entre si.

Isto pode ser entendido como uma confusão na construção metodológica da ciência (combinação de diferentes pontos de vista de como o conhecimento opera logicamente), porém talvez valha a pena perguntar quais são as possíveis razões dessas "confusões".

Se separarmos os momentos de produção, reflexão da prática científica e veiculação mais ampla do conhecimento científico através do ensino formal ou não-formal, parte da "confusão" começa a se explicar: 1) há um momento em que o conhecimento é produzido por pesquisadores especializados nos diversos campos das ciências e técnicas, 2) outro em que filósofos, sociólogos ou historiadores da ciência refletem sobre como a ciência é produzida, 3) e, ainda, um terceiro, a mediação exercida pelos professores de ciência ao veicular conhecimentos científicos e os modos como estes são produzidos. Parece existir fossos entre esses momentos e, talvez, não seja difícil compreender algumas razões envolvidas. O pesquisador especializado usa diferentes procedimentos cognitivos para descrever, analisar, explicar a parte do mundo sobre a qual se debruça, filósofos e historiadores da ciência buscam encontrar nexos racionais ou causais que expliquem como pesquisadores trabalharam e produziram aquelas determinadas explicações e, ou, previsões. Entre os dois grupos há contextos culturais e metodológicos bastante distintos de modo que podemos afirmar que o segundo grupo **cria as formas de trabalho dos pesquisadores** mesmo quando apresentam coerência e estão empiricamente sustentados. No terceiro grupo o bom professor de ciências conhece como os pesquisadores trabalham e o que foi publicado pelos mesmos, através, principalmente de livros textos editados para o ensino universitário e, tenta ler alguns textos

sobre a sociologia das ciências que relativiza os livros textos, buscando fazer uma metacognição dos conhecimentos produzidos e contextualizando tal produção. Além disso tudo, simultaneamente, adotando pressupostos pedagógicos, tendo claro as metas escolares para os diferentes níveis escolares, esforça-se por criar uma linguagem e explicação capazes de serem compreendidas por seus alunos, em seu esforço mediador o professor forma uma imagem amalgamada de diversas fontes, conseqüentemente gera uma imagem da ciência e de sua produção.

A Filosofia das Ciências (Hodson, 1985) e a Nova História e a Sociologia das Ciências (Collins & Shapin, 1989) têm contribuído com pontos relevantes nesta discussão e que ajudam no entendimento do ensino de ciência. Tais pontos são: i. -observações dependem de nossos freqüentemente inadequados senso de percepção e, portanto, são discutíveis e falíveis; ii. -observações são dependentes de teorias e teorias freqüentemente precedem as observações, inexistente uma linguagem observativa a-teórica, o significado dos enunciados observacionais depende da teoria com que estão conectados, para Feyerabend (1977) as teorias são significantes independentemente das observações enquanto que as asserções observacionais não o são em relação às teorias; iii. -conceitos e teorias são produzidos por atos criativos de abstração e invenção, um modelo de ‘invenção’ é preferível ao modelo da ‘descoberta’, através do experimento e de outros meios os cientistas constroem seu mundo natural; iv. -teorias são freqüentemente justificadas a posteriori por evidências experimentais, mas para uma teoria ser aceita como Ciência, devem existir evidências pró e contra, resultados experimentais são vistos como inerentemente anuláveis, qualquer resultado experimental pode ser criticado, e nenhum resultado experimental precisa ser tomado enquanto confirmação crucial ou negação de uma teoria que ela diz testar; v. -conhecimento científico e teorias científicas podem ter status temporário, conceitos e teorias mudam, alguns desaparecem, os julgamentos baseados em experimentos são de caráter aberto, o status dos resultados experimentais não são ditados pelos resultados, não apenas por considerações internas ao processo de produção do conhecimento em si, mas também em conjugação com fatores ditos ‘externos’ à ciência, por exemplo, compromissos com certas comunidades científicas e investimentos em recursos teóricos e técnicos; finalmente, vi. -decorre dos pontos acima que a manutenção do consenso sobre o que se toma como feições do mundo natural é uma conquista social.

A complexidade da prática científica tem apontado para uma redefinição dos trabalhos práticos no ensino de ciências. Para isso, é importante refletir sobre as características próprias e exclusivas que esse tipo de atividade pode proporcionar aos estudantes. Barberá & Valdés

(1996) elencaram quatro objetivos que unicamente poder ser atingidos através dos trabalhos práticos: i. -proporciona experiência direta sobre os fenômenos; ii. -permite constatar a abstração científica já estabelecida com a realidade que esta pretende descrever (muito mais rica e complexa); iii. -produz a familiarização dos estudantes com importantes elementos de caráter tecnológico, desenvolvendo sua competência técnica; e iv. -desenvolve o raciocínio prático, ou seja, um comportamento inerentemente social e interpretativo próprio da condição humana e necessário para a praxis.

Para Woolnough & Allsop (1985), o trabalho prático possui três objetivos fundamentais e para cumpri-los eles propõem três tipos distintos de atividades: i. exercícios, elaborados para desenvolver técnicas e habilidades práticas; ii. -investigações, nas quais os estudantes têm a oportunidade de levar adiante tarefas abertas e exercitar-se como cientistas que resolvem problemas; e iii. -experiências, nas quais se propõe que os alunos tomem consciência de determinados fenômenos naturais.

Segundo Hodson (1994), para habituar-se à prática científica implica algo mais que ser consciente da natureza da experimentação e das teorias, inclui compreender como se valora a investigação científica e como é divulgado esse conhecimento. Por isso, é conveniente que os alunos considerem que a prática científica compreende 3 grandes elementos: i. -fase criativa individual - iniciada a partir do conhecimento correntemente aceito pela comunidade; ii. -fase experimental - usando conceitos aceitos e validados pela comunidade; iii. -fase de registro e divulgação - adotando linguagem e formas aprovadas pela comunidade.

A fase criativa que está no coração da prática científica. A concepção que o conhecimento correto deve ser ensinado e concepções errôneas devem ser eliminadas leva a desencorajar o pensamento especulativo nas crianças e assim, a fomentar a visão errada que a ciência é intolerante com a opinião individual.

A fase experimental - é de importância central em uma boa grade curricular, que o trabalho experimental na sala de aula tenha uma função claramente definida.

A fase de registro e divulgação - existem diferenças na forma como a Ciência é realizada e a forma com que é apresentada nos papers e compêndios mas, o currículo não faz esta distinção. Um cientista individuado pensa e trabalha uma linguagem privada de forma criativa e livre, mas é constricto pela comunidade a apresentar seu trabalho para a apreciação e publicação na linguagem formal da Ciência. As crianças devem entender que os escritos científicos são escritos para persuadir os leitores a aceitarem suas conclusões.

Tendo claro as idéias anteriores, devemos buscar uma redefinição dos trabalhos práticos. Entender que os resultados dos experimentos precisam ser vistos como matéria prima

para a negociação de significados em classe, e, assim, valorizar tanto os conceitos científicos quanto os cotidianos. É preciso deixar de ver os resultados, as conceituações dos trabalhos práticos não como reveladores das resdescobertas esperadas, mas também como **problematizadores**, isto é, transformá-los em problemas e em inquietações a serem negociadas o seu significado, bem como **problematizados**, isto é, clareá-los frente a relação de construir conhecimentos discutindo a natureza dos processos e procedimentos que os produziram. Nesse sentido, os resultados, os conceitos que afloram nas atividades práticas devem fechar e abrir problemas numa espiral de negociação, conceituação e estruturação sem fim.

### **E o ensino de Geociências?**

Sabemos da irreversibilidade histórica dos fenômenos geológicos é da necessidade de uma abordagem metodológica mais ampla do que a hipotético-dedutiva e da necessidade da conjugação do uso de diversas metodologias simultaneamente.

Do ponto de vista empírico-analítico, nas ciências históricas são utilizados os mesmos critérios, que discuti atrás, só que adequados a outro objeto de conhecimento que visa explicar os fenômenos individualizados, e não mais generalizações através do contraste entre leis universais. No contexto histórico, sabe-se da impossibilidade do contraste empírico e, também, da pouca abertura desta abordagem às novas visões genéticas e probabilísticas, mesmo sabendo, das tentativas, de um dos poucos teóricos da geologia Kitts (1970 e 1963), em formular uma teoria da geologia no escopo destas duas novas visões. Assim, as idéias de Kitts permitem algumas transposições didáticas para a escola secundária e provavelmente para a escola elementar, mas no caso específico de temas muito abstratos como "formação do Universo", tal concepção pouco auxilia, devido a um sistema formal muito rígido e com pouca flexibilidade para aberturas a uma maior diversidade de outras lógicas que não seja a hipotético-dedutiva. Uma visão radical dos empiristas-analíticos, como bem disse Paschoale (1985), veria a geologia, num extremo, como mero cartório de registros de objetos singulares observados sobre o planeta, ou seja, uma ciência apenas e tão somente descritiva, e no outro, uma 'arte', pois referente ao seu aspecto explicativo, suas explanações não são frequentemente demonstráveis.

Além desses problemas a Geologia não apresenta nítidas correntes teórico-metodológicas que claramente se diferenciem e possam articular conexões metodológicas de ensino de Geologia (como ocorrem em ciências humanas e como, de certa forma, ocorreu na época do debate de netunistas versus plutonistas). Os trabalhos geológicos parecem

hegemonizados pela teoria da tectônica de placas mas quando passamos a analisar campos específicos do conhecimento, as tarefas colocadas para os geólogos são extremamente específicas perdendo a referência de uma teoria geral - problema que se amplia quando imaginamos incluir campos como meteorologia, oceanografia e criptologia nas geociências - isto faz com que o texto de Potapova, 1968, seja, em alguns aspectos, extremamente atual. Para essa autora e para Paschoale (1989) a Geologia é uma forma concreta, abrangente e sintética de conhecimento sobre o planeta Terra.

É uma forma concreta de conhecimento porque a fonte de informações ou o objeto de investigação da Geologia é a Terra. A crosta terrestre (mega-estruturas, rochas, minerais, etc.) é o objeto de investigação mais imediato da Geologia, talvez o principal, já que tem grande importância por ser a esfera, até o presente momento, mais acessível à observação direta. Ela apresenta uma característica peculiar: a capacidade de registrar tanto os fenômenos da dinâmica interna como os da dinâmica externa da Terra. Estes registros são decodificados através das formas fixadas.

É uma forma abrangente de conhecimento porque como Kedrov (1968) já afirmou: *"Os suportes da forma geológica de movimento não são somente seções individuais da Terra tomadas localmente ou regionalmente, não são somente rochas individuais, etc., mas também toda a matéria da Terra, constituindo um sistema global integrado."* Este sistema presume, ao ser associado à definição de Potapova (op cit), uma interação entre as unidades das partes básicas do planeta (crosta, manto e núcleo) e esferas do planeta (noosfera, biosfera, atmosfera, hidrosfera, litosfera). Todavia, na busca da síntese geológica, nenhum destes elementos isolados pode ser considerado no seu processo de existência sem levarmos em conta a natureza global dos processos que ocorreram na Terra.

As barreiras para conseguir-se uma aprendizagem significativa são aumentadas por dificuldades intrínsecas à Geologia como a compreensão da escala de tempo geológico, a dimensão das transformações, as diferentes escalas de observação das transformações, as operações de abstrações feitas nas representações do mundo (3 dimensões) para mapas, blocos diagramas (2 dimensões), o intenso uso de índices-ícones (vestígios) e símbolos (verbal e não verbal) para formular as explicações históricas, o entendimento da dinâmica dos processos que ocorrem na litosfera, as relações entre processos corticais e internos da Terra, etc., sem duvidar da complexidade e, inclusive, impossibilidade de desenhar experiências realizáveis, e portanto a necessidade de formular modelos analógicos corretos.

Qual o papel da experiência nas geociências para dar conta de seus conceitos tão distantes do aparato sensorial e com suas teorias baseadas em fenômenos não recorrentes, onde classificações empíricas, protótipos a que servem? Nas Ciências naturais empíricas, teoria defendida por Simpson, os enunciados sujeitos a debates são controlados, pelo menos indiretamente, pelo conduto de uma experiência, uma vez que os métodos empirico-analíticos aceitam somente um tipo de experiência: a que eles próprios definem. Só a observação controlada de um comportamento físico determinado pode levar à elaboração de juízos perceptivos válidos. Segundo Simpson, o geocientista deduz o passado a partir do presente, nesta tarefa encontra-se acompanhado de experiências feitas por métodos históricos, entre eles, a confrontação da explicação teórica com a evidência histórica (séries múltiplas) e experimentação controlada com modelos de escala reduzida.

Para Kitts, sem dúvida, o papel da experiência não é tão fechado, mas esta deve se enquadrar às regras de uma metodologia científica. Ora, somente com uma adequação às rigorosas condições das explanações dedutivas é possível enquadrar as explanações geológicas como probabilísticas e genéticas.

Nas teorias dialéticas, segundo Habermas (1983), fica clara a mudança do centro de gravidade na relação teoria/prática, pois as experiências possuem valor meramente analítico para justificar os meios categoriais; ele diz: "*(...) tal experiência não aparece identificada à observação controlada, de maneira que, embora não seja nem indiretamente passível da falseabilidade estrita, determinado pensamento conserva sua legitimidade científica.*" (p.281) Isto, porque a construção formal da teoria, a estrutura conceitual e a escolha de categorias têm que estar previamente adequadas ao objeto da Ciência que, por sua vez, situa-se no âmbito da totalidade dialética. Para Kosík (1976), todo conhecimento é uma oscilação dialética entre as partes e o todo, cujo centro ativamente mediador é o método de investigação. A absolutização desta atividade do método dá origem à ilusão idealista de que é o pensamento quem cria o concreto. Por isso, as teorias dialéticas não se enquadram nas regras abstratas de uma metodologia para não perderem de vista o ato-de-se-constituir dos objetos não ignorando as realizações sintéticas do sujeito cognoscente<sup>23</sup>.

Há um modo peculiar da Geologia ler a natureza que envolvem conceitos básicos ligados à estrutura da Geologia como ciência. Relacionados ao objeto de estudo há: princípios metodológicos (superposição de camadas, interseção de estruturas, atualismo, uniformitarismo), raciocínio histórico-comparativo (correlação, integração), escala geológica

---

<sup>23</sup> Veja Habermas, J. 1987 - Positivismo, pragmatismo e historismo. In: Conhecimento e Interesse. Cap. II, p.89-92.

de espaço e tempo. Relacionados ao objeto de investigação: escala de observação e representação, modelos e blocos diagramas, amostra e representatividade da amostragem.

A relação Geociências X trabalhos práticos está extremamente ligada às atividades de campo. Procurei focar e aprofundar o papel da analogia, do padrão espaço-temporal geológico e do raciocínio histórico-comparativo nas construções cognitivas das crianças e, verificar se estes conceitos/procedimentos quando aprendidos transformam a relação cognitiva da criança com o mundo, ampliando seus conhecimentos e introduzindo-a em atitudes científicas mais 'finas'.

## **O papel das hipóteses no ensino de ciências**

No estudo de caso que aqui vou tratar, as atividades didáticas foram direcionadas com base em uma visão construtivista, na qual a progressão para uma mais complexa organização cognitiva depende do que o sujeito já sabe sobre o tema em estudo e das possibilidades que lhe são oferecidas de confrontar este conhecimento seja com os fenômenos (coisas, processos, etc) seja com outras crianças e seja com o professor. É realçado o contexto, o conteúdo e os instrumentos de mediações (sistema de signos).

Por isso, a discussão e mais especificamente o que irei relatar aqui, o trabalho de campo são instrumentos adequados para compreender os processos de construção de conhecimentos realizados pelas crianças quando são estimuladas por específicos conteúdos disciplinares propostos na escola.

Na contextura escolar, as várias disciplinas são um pensar-argumentar e um intuir-criar em diversos domínios de soluções de problemas, pois é o que se faz ao interpretar um romance, ao descrever e explicar um fenômeno, ao controlar o efeito de alguma variável, ao produzir um texto, ao associar uma série de eventos etc. Aceito a afirmação de Pontecorvo (1993) de que os contextos disciplinares escolares podem ser vistos como sistemas de signos nos quais se desenvolvem particulares práticas discursivas: isto é, específicos procedimentos de raciocínio, e acrescento que, também, se desenvolvem particulares práticas instrumentais: isto é, específicos procedimentos de execução e ação. Na minha pesquisa como na de Pontecorvo et al (1992), o pensamento exercitado, mesmo no caso, no trabalho de campo, foi essencialmente argumentativo e a postura foi interativa com ênfase no discurso, na interlocução, acrescentado o uso de desenhos por ser atividade de campo.

## **Por que o incentivo ao uso de hipóteses ?**

Sabe-se da grande capacidade dos adolescentes em aceitar novas idéias. Esta capacidade poderia ser melhor aproveitada em contextos científicos, exercitando, frente às fontes de informações e evidências, o uso flexível e adaptável das idéias, bem como a intuição em decidir-se por uma linha ou outra de raciocínio, ou seja, deve-se tentar exercitar as características de pensamento complexo e autônomo. Isto não se consegue por uma ênfase na reflexão por si própria, por descartar qualquer ato indutivo e informativo por parte do professor. Deve ser exercitado com a coordenação de um professor.

Segundo Hodson (1985), na prática científica, conceitos e teorias são produzidos por atos criativos de abstração e invenção. No ensino de ciências, segundo o autor, a ênfase é posta nas experimentações e esquece-se a fase criativa individual tão fundamental na prática científica para equacionar os problemas, formular hipóteses etc.

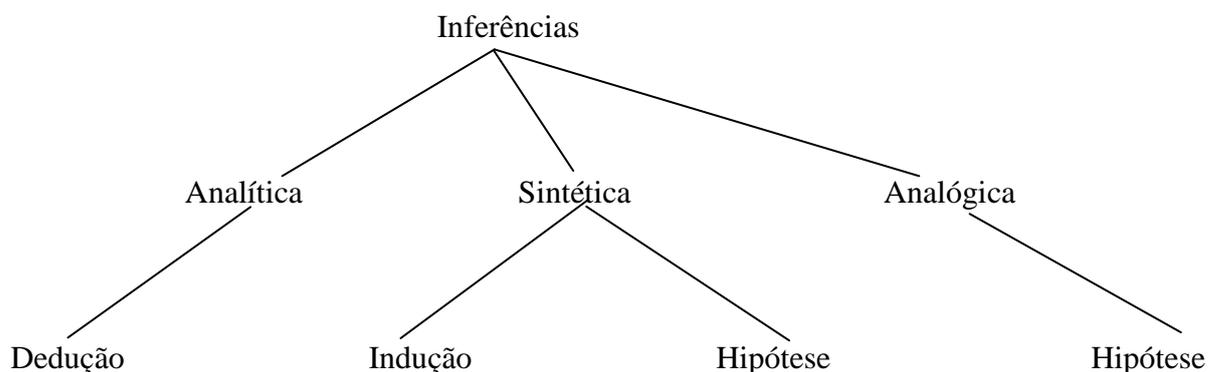
De modo geral, as correntes construtivistas apontam a necessidade, na elaboração de estratégias de aprendizagem, da sequência dos seguintes passos: a) partir da formulação de problemas susceptíveis de interessar intelectual e afetivamente aos alunos; b) utilizar as idéias prévias dos alunos como instrumento para guiar a investigação, acomodando-a ao nível adequado; c) encorajar os alunos a formularem hipóteses e gerarem idéias alternativas sobre as generalizações e teorias existentes; d) dar oportunidades para os alunos usarem as novas idéias em uma razoável série de situações para que eles as submetam à utilidade.

É em relação ao item C que este trabalho pretende avançar e vislumbrar estratégias com os alunos, no qual estes se defrontem com a formulação de hipóteses podendo chegar até a prática do uso de múltiplas hipóteses (Compiani, 1993) para a resolução de um problema, visto que a hipótese é um elemento básico para facilitar a construção de idéias e conceitos interpretativos. O uso de criatividade e pensamento crítico junto com observações, inferências e formulações de hipóteses são básicos para o encorajamento de iniciativas individuais e imaginativas por parte dos aprendizes.

Não existe um efetivo e aceito conceito de hipótese em relação ao trabalho científico. Há uma variedade muito grande de tipos de hipóteses quanto de investigações. Wenham (1993) defende que essa variedade só pode ser reconhecida e entendida se existir um conceito básico no qual todos os exemplos individuais possam ser referidos, assim, define hipóteses como todas as tentativas de soluções de problemas que direcionam as indagações humanas. Para Pera (1982), hipótese é um projeto explicativo deliberadamente formulado para explicar certos fatos, para dar uma resposta específica a um problema específico. Driver & Millar

(1987) apontam que o processo de hipotetização é algo que os humanos usam todo o tempo, por exemplo, a decisão de atravessar a rodovia envolve hipotetização (o modo mais seguro de fazê-lo) baseado em observações e inferências, esboçando o que se chama de padrão preliminar da percepção. Lawson et al (1989) defendem o conceito de hipóteses explanatórias: imaginadas causas para eventos observados.

Prefiro enquadrar hipótese como um tipo de inferência, daí estas podem ser genericamente conceituadas como regras metódicas de obtenção de enunciados plausíveis (Habermas, 1987). O seguinte esquema proposto por Peirce (1975) é elucidativo das principais inferências:



Chamberlin (1931) já apontava o status fundamental da elaboração de hipóteses na riqueza do praticar geologia: *"os estudos do geólogo são peculiarmente complexos. É raro que seu problema seja um simples fenômeno unitário explicável por uma única causa. (...) Deste modo, o geólogo deve estar sempre alerta para mutações e para entrada insidiosa de novos fatores. Portanto, se há alguma vantagem em alguma área em estar-se armado com uma complexa panóplia de hipóteses de trabalho e habitualmente empregá-las, esta área, sem dúvida, é a do geólogo."* (p. 165).

Diferentes práticas científicas geram diferentes usos e tipos de hipóteses. O processo de formulação de hipóteses em Geologia tem características peculiares pois já explicitamos isso em itens anteriores, trabalhamos de modo inverso à física e química, praticamos uma racionalidade do efeito para a causa e as formas, as imagens, a visualidade é de fundamental importância na cognição do planeta Terra feita pela Geologia.

Há um aspecto importante da percepção/paisagem em que todas as coisas estão dentro da visada e são consideradas simultaneamente. Do mesmo modo, um aspecto importante da narrativa histórica é que as partes são contadas tendo em vista e integradas com a seqüência toda. Então, percepção/paisagem e narrativas históricas são constituídas ou tem relação

intrínseca com um todo e deveriam desnudar ou deixar transparente as relações parte/todo. Com isso, há a possibilidade de compreensão cognitiva da relação todo/parte.

Em geologia usamos essa noção de hipótese do tipo explicativa (imaginadas causas para registros de eventos passados), mas uma característica básica da prática científica geológica: sua explicação é hipotética no sentido de possível. Segundo Paschoale (1990), a relação entre causa e efeito não é conhecida, mas apenas suposta; uma explicação histórica é apenas suposta, não demonstrável experimentalmente e só pode ser estudada por associações, por semelhanças com outras feições. Para o autor, não são hipóteses experimentais senso restrito, a descrição faz parte de uma série de marcas observáveis, as evidências apontadas servirão para a estruturação de hipóteses. A evidência torna-se 'forma fixada' quando é decodificada com base no Atualismo, ou seja, inicia-se o processo de hipotetização supondo-se que é um produto de um processo do passado.

Com base nas idéias de Paschoale (1984), podemos dizer que esta síntese concebida orienta a tarefa da geologia de estudar a história da Terra como um todo e desvendá-la através de estudos com as "formas fixadas". Com estes estudos formula-se a "lei", a relação, o processo geral de desenvolvimento da Terra, isto é, a "lei" estabelece a mediação entre o registro e seu significado, o que é essencial para a formulação da história. Iniciamos de um produto (registro) em busca de um elemento de generalidade presente nestes produtos, pois estamos preocupados com a formulação de "leis". Buscamos formular as causas a partir dos produtos existentes, a conexão que fazemos é entre produtos e processos. Só podemos fazer isto através de similaridades que relacionam por analogia os efeitos ou as causas. Um dos modos é: conhecemos as causas de um produto, então este conhecimento o convertemos em classes de fenômenos. Usamos estas classes (efeito-causas) como matriz para através de analogias explicarmos os novos vestígios que dispomos, ou seja, a partir dos produtos buscamos as classes que melhor se ajustam para explicá-los. De modo geral, nas ciências, raciocínios podem ser feitos por contigüidade: relaciona causa e efeito, são ligados pela experiência; a ciência experimental acompanha e reproduz a relação processo-produto. As "leis" e relações são verdadeiros conceitos formais ou instrumentos de indagação que orientam nosso olhar do mundo.

Desse modo, na ciência geológica, em sua fase inicial de obtenção de informações, destaca-se mais o seu lado observativo através de operações predominantemente descritivas. A geologia trabalha com "formas fixadas" -"*que são registros que refletem de maneira codificada os processos ocorridos no passado do planeta*" (Potapova, 1968, p.121), sendo sua tarefa primordial a identificação e a interpretação desses registros. Para que tal interpretação

seja possível, não basta somente a linguagem verbal, mas é necessário um desenvolvimento aguçado de todas as funções semióticas: todos os tipos de imagens, formas, modelos, sinais, linguagens etc. Por outro lado, na fase de elaboração do inventário e seleção de hipóteses explicativas dos processos geológicos, destaca-se o raciocínio histórico-comparativo, onde predomina operações como: comparações, correlações, correspondências, sequências causais, similaridades etc.

### **O método das múltiplas hipóteses de trabalho**

O método das múltiplas hipóteses de trabalho sugerido por Chamberlin (1931) é pouco conhecido entre os pesquisadores e professores de geociências e praticamente desconhecido entre os de ciências, entre estes encontrei apenas uma referência (Lawson, 1990), que se reporta à sua aplicação nas pesquisas de ensino de ciências.

Chamberlin desenvolveu todo o seu raciocínio com base em uma profunda prática com a geologia, trabalhando com classes de fenômenos complexos, naturalmente associados, mas não necessariamente de mesma origem e natureza, como por exemplo a deriva continental pleistocena. O autor, antes de desenvolver o seu método, faz a crítica de dois métodos que, segundo seu ponto de vista, são estágios menos desenvolvidos da história da pesquisa científica.

O primeiro método é o da teoria dominante, na qual a interpretação coloca-se à frente dos fatos e guia a observação no sentido da comprovação da teoria e, para o autor, o problema é o uso abusivo e totalmente direcionado da observação, pois é louvável e fundamental para a ciência a disposição de interpretar, encontrar explicação e desenvolver teorias. De acordo com o autor: uma explicação prematura torna-se uma teoria tentativa, depois uma teoria adotada e finalmente uma teoria dominante. A teoria, então, ascende a uma posição de controle nos processos mentais e a observação, a indução e a interpretação são guiadas por ela. Para Lawson (1990), os pesquisadores tornam-se advogados de suas posições escolhidas e não são juízes imparciais de possíveis concepções alternativas. Segundo Paschoale (1985) discutindo o Chamberlin, este método nada mais é do que o problema do paradigma e sua adoção a-crítica e dogmática.

O segundo método é o da hipótese de trabalho, que difere da teoria dominante no sentido de que a hipótese é usada como meio de determinar fatos em vez de uma proposição a ser estabelecida no sentido de teoria tentativa, adotada e dominante. Ou seja, a pesquisa sendo feita, não para a garantia da hipótese, mas para o bem dos fatos e sua elucidação. Sob a

hipótese de trabalho, os fatos são vistos como o objetivo de uma indução e demonstração últimas, a hipótese não sendo mais do que um meio para um desenvolvimento mais expedito de fatos e de suas relações. Conscientiosamente seguido, o método da hipótese de trabalho é um avanço incalculável sobre o método da teoria dominante, mas tem sérios defeitos: poderão ser deixadas de lado outras linhas importantes e determinados fatos que tenham um comportamento anômalo poderão ser desprezados; seguindo-se uma simples hipótese a mente é conduzida pelos pressupostos do método para uma única concepção explicativa; a hipótese pode tornar-se uma idéia controladora, desde a mente do pesquisador até as verbas para a pesquisa (Paschoale, 1985), tornando-se na prática uma teoria dominante.

Para contrabalançar os defeitos destes dois métodos, sugere o método das múltiplas hipóteses de trabalho, adequado à natureza complexa dos fenômenos geológicos. Este método difere da simples hipótese de trabalho por distribuir os esforços e dividir afeições. No desenvolvimento das múltiplas hipóteses, os esforços são para ter à mão toda a explicação racional do fenômeno e para desenvolver toda hipótese sustentável sobre sua causa e origem. E para dar a todas elas uma forma de trabalho e um devido lugar na investigação. O pesquisador passa a ser o pai de uma família de hipóteses; e, por sua relação parental com todas elas, é moralmente proibido de ter mais afeição por uma delas, deve-se trabalhar com todas elas ao mesmo tempo na medida do possível. Tendo assim neutralizado, ao máximo, as parcialidades da sua natureza emocional, o pesquisador vai em frente com uma certa retidão natural e reforçada de atitude mental para com a pesquisa, sabendo bem que algumas de suas filhas intelectuais (por nascimento ou adoção) devem perecer antes da maturidade, mas já com a esperança de que várias delas possam sobreviver o roteiro da pesquisa crucial, pois muitas vezes ao fim descobre-se que vários agentes contribuíram na produção de um mesmo fenômeno. As honras devem então ser divididas entre hipóteses.

Segundo Chamberlin e de acordo com a síntese de Paschoale, há várias vantagens neste método: ele convida ao rigor; a relevância dos fatos é relativizada, alguns passam a ser mais importantes de acordo com certas evidências e explicações; ocorrem reações entre hipóteses (com um evidente apuro lógico no seu desenvolvimento) e delimitação do âmbito de cada uma; é fértil o trabalho com técnicas e métodos de investigação.

Do ponto de vista do ensino a maior vantagem reside na aquisição do que Chamberlin chama de pensamento complexo e relacional, segundo suas próprias palavras: *"Como fator de educação, o valor disciplinar do método é de primeira importância. Quando fervorosamente seguido por tempo suficiente, desenvolve um modo de pensamento próprio, que pode ser designado como o hábito do pensamento paralelo, ou o pensamento complexo. É*

*contradistinto da ordem linear de pensamento, que é necessariamente cultivada na linguagem e na matemática porque seus modos de pensar são lineares e sucessivos. O procedimento é complexo e ampla e simultaneamente complexo. A mente parece estar possuída do poder de visão simultânea a partir de diferentes pontos de vista. O poder de mirar fenômenos analítica e sinteticamente ao mesmo tempo é conquistado."*

## **O Papel do professor**

O ensino, como pretendo mostrar, terá papel destacado e, então, qual o papel do professor? Muitos professores introduzindo-se no 'construtivismo', elegem algumas afirmações provenientes cada uma de um estudante, constroem eles mesmos as relações entre as diferentes idéias, tendo como parâmetro o conceito científico em estudo, ou seja, acabam de novo impondo a estruturação da lógica da ciência ou da lógica do professor, e com isso, literalmente, cortam as iniciativas dos alunos. O professor ao invés de permitir a formação dos conceitos no contexto da discussão e do debate, organiza o discurso das crianças em uma sequência de pedaços separados de conhecimentos, não permitindo as tentativas dos alunos de falarem entre eles para discutir as formulações recíprocas. O papel do professor terá de ser radicalmente outro. Tentaremos caminhar nesse sentido.

Eu sabia das idéias seguintes: o professor embuído de uma perspectiva construtivista tem papel facilitador, mediador e outras vezes semi-dirigido, no sentido de indutivo. Compreender que a dinâmica da sala de aula, as tarefas escolares, as respostas dos alunos está em grande parte condicionada pelos processos interativos nos quais a postura e a visão de ensino do professor é decisiva, facilita enfrentar uma das maiores dificuldades pedagógicas que é a busca de um equilíbrio entre a necessidade de 'dar' todos os dados (são representações simbólicas de eventos e estados) aos alunos ou de deixá-los descobrir por si todos os dados a partir dos fatos (são coisas que acontecem ou subsistem, são eventos ou estados).

Isto é um aspecto pedagógico de fundamental importância que implica na assertiva de Astolfi & Develay (1990): as contribuições do ensinante não devem estar determinadas de ante-mão, mas devem interferir com as estruturas de acolhida do aluno, isto não significa que o aluno deve fazer o que quer. O professor tem que gerar uma série de situações para o aluno ser colocado frente a um certo número de limitações que serão negociáveis e evolutivas. É necessário partir de explicações dos alunos, sugerir ordenamentos destas, incentivar a clarificação das mesmas e novas perguntas, ações e resoluções por parte dos alunos a partir do compreendido, ou seja, uma espiral constantemente negociada.

Nessa mesma linha argumenta Pontecorvo (1993): o professor precisa aceitar e utilizar as contribuições, a perspectiva que o aluno traz para as tarefas. Segundo a autora, verifica-se a dupla via da apropriação proposta por Leontev e recuperado por Newman et al (1989): a criança apropria-se de um instrumento cultural através de atividades culturalmente organizadas, enquanto que o próprio instrumento pode mudar pelo uso que um novo membro da cultura faz dele. Ao mesmo tempo, o professor apropria-se do que a criança diz ou faz, enquanto desloca-o para o nível solicitado pela atividade. Em outras palavras, incorpora as ações, as idéias do aluno no seu modo de ensinar. É, também, a tentativa de construir-se uma relação bilateral de autoridade, em classe, com o aluno.

Um papel fundamental do professor no desenrolar da interação é ‘pescar’ as idéias novas no ato comunicativo que são promissoras, ou seja, pertinentes com o fio condutor, com os conceitos em construção.

Durante as atividades de campo que descreveremos alguns episódios a seguir, não me preocupei com a precisão das palavras. Gostaria de discutir melhor essa postura. Eu tenho uma intuição, que é natural esta imprecisão e, que o próprio debate vai aos poucos caminhando para uma maior precisão das palavras. Várias palavras e conceitos refletem a dialética dos conceitos cotidianos e científicos em discussão. Ou parodiando Vygotsky, os conceitos espontâneos caminham para a generalização através dos conceitos científicos e estes buscam uma maior exemplificação, concretude através dos conceitos espontâneos.

Entre a trama dos conceitos científicos e espontâneos existe o meio elástico da palavra e do outro. Sempre, ao se começar a construir a ponte entre o conhecimento científico e as idéias prévias, devemos trabalhar com o outro e com a elasticidade da palavra. Só que, se a opção didática for dar, ao início, uma maior ênfase às idéias prévias dos alunos, como nos episódios a seguir, o grau de elasticidade é muito maior do que se a ênfase fosse nas idéias científicas, como no uso do modelo de formação do Universo visto em item anterior. Nesta, o vetor principal foi conhecimento científico  $\Rightarrow$  conhecimento cotidiano, naquela foi conhecimento cotidiano  $\Rightarrow$  conhecimento científico. Em ambos os casos, o contexto disciplinar delimita as interações possíveis e isso não significa que devemos sempre iniciar definindo as palavras de modo que o significado destas esteja o mais claro e delimitado possível. Se, como Vygotsky disse, os conceitos cotidianos caminham para os conceitos científicos, na atividade de campo, não estar atento ao espaço do outro e à elasticidade da palavra eliminaria, de início, a forma dialógica. Por isso, não me preocupei tanto com a precisão das palavras. Dependendo do vetor escolhido, é natural essa imprecisão, e o próprio debate vai aos poucos caminhando para uma maior precisão das palavras, ou seja, elas se

constituem em um ou alguns conceitos em formação. Já, no uso do modelo sobre a formação do Universo, nós tivemos um outro movimento onde a elasticidade da palavra e o espaço do outro foram menores, pois fornecendo um modelo científico a ser compreendido, o que procurávamos era a busca de uma maior exemplificação ou concretude do modelo utilizando os conceitos cotidianos aflorados na interação.

Para não correremos tal risco é necessário da parte do ensinante uma grande capacidade de sentir, ouvir as elaborações conceituais de seus alunos e que construa um guia de leitura que lhe dê um rol de interpretações. O papel do professor é primordial, já que apoiando-se no processo do aluno mas orientando-o para sínteses possíveis, favorece a discussão, cria um ambiente de escuta recíproca e de debate, faz com que cada aluno explique bem o que disse, discrimina as divergências que vão aparecendo.

Esta capacidade de sentir, de intuir as elaborações conceituais dos alunos deve ser instrumentada; é necessário, de fato, tentar praticar aulas interativas e ser um professor-pesquisador de suas próprias aulas.

#### **Um exemplo**

A título de exemplo, trechos de diálogos entre o professor e um grupo de 9 alunos, em uma excursão didático-geológica com alunos de 11 e 12 anos, na escola pública elementar brasileira.

Num afloramento de rochas glaciais sedimentares rítmicas argilo-siltosas de ambiente lacustre, um dos problemas levantados pelo professor para a resolução pelos alunos foi: como vocês me explicam a existência deste seixo (pedra de 8cms) incrustado entre este material fino ?

Alunos: \_ele poderia já estar no lago;

\_veio junto e em volta dela (pedra) foram se formando mais sedimentos.

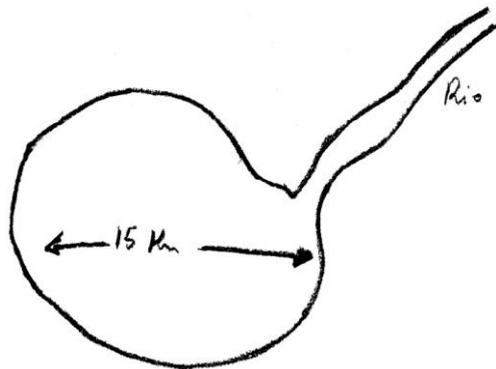
Prof : \_ela veio junto como ? como ela foi carregada ?

A: \_o rio;

\_a água do rio;

\_algumas camadas já estavam formadas, daí veio a pedra junto com a água do rio e encalhou, depois mais sedimentos a cobriram.

P: \_sim, as duas idéias são prováveis. Agora, vamos fazer um desenho com o lago e o rio desembocando nele; imaginem, o lago tem por volta de 15 kms de comprimento. O rio está trazendo os sedimentos para o meio do lago. Até onde vocês acham que o rio trará uma pedra desta tamanho ? Vai carregá-la até o final do lago ?



A: \_não, até ele achar um buraco e a rocha cair;

\_no começo do lago;

\_chega no começo do lago e a pedra cai ?

\_o lago não tem força para carregá-la.

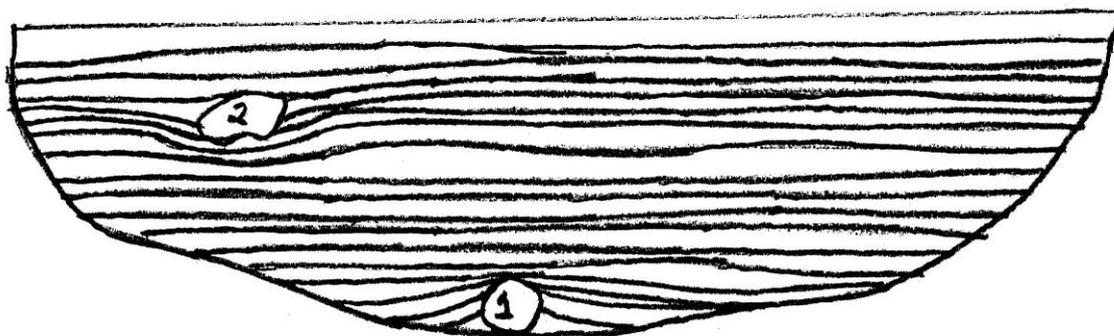
P: \_não tem força o lago e qual outro motivo ?

A: \_a pedra é mais pesada.

P: \_certo, deste modo as pedras se encontrariam no começo do lago, pois bem lá ,no meio do lago, onde a correnteza não tem mais condições para carregar pedras como esta, podemos encontrar até maiores, porquê ?

A: \_ela poderia estar ali antes.

P: \_sim, nós recaímos no primeiro caso anterior, neste caso ela já estaria no fundo do lago. Eu vou desenhar uma pequena parte do fundo do lago. Em volta da pedra (que chamarei de n° 1) depositou-se o material fino:



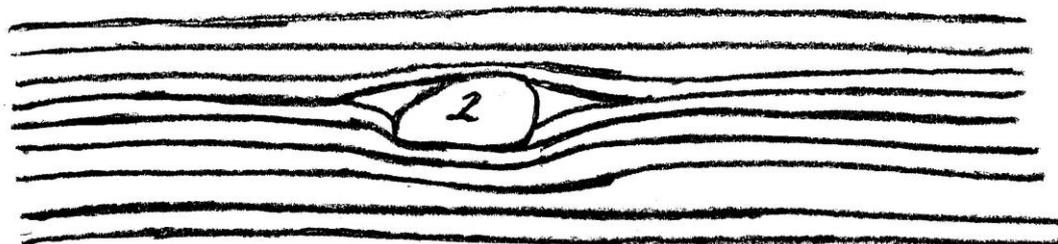
Mas existem pedras, como, por exemplo, a de n° 2, que não estariam no fundo do lago e nem vizinho à desembocadura do rio. É muito semelhante a este seixo que temos em mãos. Como vocês explicariam isso ?

A: \_as camadas sedimentares já estariam formadas e daí o rio estaria mais rasiinho.

P: \_mas eu estou dizendo que a pedra está bem no fim do lago, não está vizinha à foz do rio.

A: \_ela caiu.

P: \_caiu de onde ? Eu vou ampliar o desenho da pedra n° 2. As camadas que deveriam estar paralelas estão deformadas.



A: \_o rio pára quando chega na pedra;

\_porque embaixo está deformado ?

\_é porque a pedra está atrapalhando;

\_pode ser o peso.

P: \_o que o peso fez ?

A: \_esmagou;

\_esmagou não, vai afundando.

P: \_o peso deformou a parte de baixo. Nós já vimos que se fosse no fundo do lago, a pedra já estaria lá. Mas existem pedras longe da foz do rio e as camadas estão deformadas pelo peso, como a pedra n° 2. Como ?

A: \_alguém jogou, quando os sedimentos já estavam em camadas;

\_ela caiu.

P: \_depois falaremos nisso, mas estas rochas foram formadas a 350 milhões de atrás.

A: \_ninguém pode ter jogado, ela caiu.

\_é como um barraco numa favela, quando escorrega, a pedra desceu também.

P: \_certo, ela caiu, um dos modos dela cair, seria o rio trazendo, mas nós já vimos que, assim, elas localizariam-se nas proximidades da desembocadura do rio, e daí, como elas cairiam no meio do lago ?

A: \_1-a chuva; o vento levando;

P: \_uma pedra deste tamanho o vento levaria ?

A: \_o vento pode carregar pedrinhas pequenas.

P:\_o que poderia carregar estas pedras grandes ?

A:\_2-avalanche.

P:\_uma avalanche ?

A:\_cobriria todo o rio.

P:\_certo, alguns tipos de avalanche cobririam todo o rio e o lago, ou o material seria depositado nas bordas do lago. Que outras respostas vocês teriam ?

A:\_3-chuva de meteóros.

P:\_poderia ser uma chuva de meteóros. Mas tem outra coisa que poderia estar em cima do lago, o lago é enorme.

A:\_4-alguma coisa que boia e carrega pedras dentro.

P:\_certo alguma coisa que está boiando e vai soltando pedra.

A:\_5-tora de madeira.

P:\_uma pedra poderia cair de uma árvore. Uma tora de madeira pode flutuar, o que mais pode ?

A:\_se não existia homem e nem dinossauro, o que seria ?

P:\_estas rochas tem 300 milhões de anos, é alguma coisa que nós não estamos acostumados a ver aqui em nosso país.

A:\_6-pássaro que deixou cair.

P:\_um passarinho poder estar com uma pedrinha e de repente deixar cair.

A:\_mas uma pedrona ?

\_poderia ser uma ave gigante.

P:\_é uma coisa que não estamos acostumados a ver aqui em nosso país, mas tem muito em outros países.

A:\_7-geleira.

P:\_certo, as geleiras carregam dentro diversos tipos e tamanhos de rochas e na medida que vai em direção ao meio do lago o que acontece ?

A:\_vai derretendo e descarregando.

P:\_vai derretendo e as rochas (os seixos) vão caindo.

A1:\_aqui é uma região quente, como a geleira veio parar aqui ?

A2:\_e como você sabe se a 300 milhões de anos atrás, aqui era uma região quente ?

A1:\_mas o Sol é bem mais velho do que a Terra.

P:\_a 300 milhões de anos você sabe se era quente ou frio ?

A1:\_eu sei porque existia o Sol.

P:\_existia o Sol, mas esta região aqui não poderia estar num local mais frio ?

A1: \_como ? Impossível, porque existe Polo Norte, lá é diferente.

P: \_o Alex perguntou, como aqui poderia haver gelo, se hoje é quente ?

A: \_uma coisa impossível que vou chutar: o Sol poderia ter mudado de posição.

Todas estas 7 últimas idéias hipotéticas levantadas foram surgindo passo a passo, na medida que a discussão avançava e novas informações surgiam. Três delas (3, 4 e 6) defrontavam-se, quando surgiu a última: geleira. Esta ganhou a afeição de todos, mas não foram descartadas as idéias 3 e 6.

Com este extrato da excursão é possível verificar a riqueza da discussão. Formulamos abstrações a partir de asserções e hipóteses que elaboramos, com base em fatos e dados, frente à desafios e problemas colocados; do ponto de vista argumentativo é importante mostrar que os passos realizados são apropriados, têm coerência e são plausíveis e legítimos. Muitas das idéias são conjecturas formuladas, algumas delas com base em analogias (barraco da favela), outras são hipóteses bem formuladas que se confrontam entre si, na maioria das vezes sem vencedores, pelo contrário, há uma relativização das mesmas e dos fatos: uma ponte para o entendimento da compreensão da construção relativa e contextualizada das ciências.

## **Idéias Finais**

Devemos compreender seriamente que a geologia é uma maneira de viver, de enxergar o mundo, de explicar o mundo. Se acreditamos que em uma sociedade democrática, os sujeitos são mais atuantes e transformadores de acordo com a sua bagagem cultural no sentido mais amplo, como privar estes cidadãos de um conhecimento fundamental para a "**alfabetização da natureza**", como privá-los de uma concepção de mundo ? A geologia é um dos modos que a prática social se apropria do mundo. Não defendo a supremacia da ciência em relação à outras prática sociais, mas estou consciente do papel que o conhecimento geológico joga no desenvolver das capacidades da inteligência espacial, do argumentar histórico-comparativo, de uma visão de natureza menos antropocêntrica entre outras tantas coisas importantes. Apenas um exemplo, os problemas ambientais apontam para uma visão geobiocêntrica do mundo. O hábito, as leis, as regras sociais, são baseadas na tradição. Os problemas ambientais mudam radicalmente este ponto de vista, pois regras a serem adotadas e hábitos a serem adquiridos e leis a serem feitas devem basear-se na previsão, no suposto, no hipotético.

Tentei demonstrar que as peculiaridades dos fundamentos metodológicos da geologia adicionam mais ingredientes nas recentes discussões sobre filosofia, sociologia e história das ciências, quero dizer, ao desenvolver a geologia como um corpo único de conhecimento, estamos reforçando o que, vários filósofos atuais, apesar de diferenças internas, vêm defendendo: o desenvolvimento conceitual baseia-se essencialmente na fixação de crenças, na inferência não-demonstrativa e na formação e confirmação de hipóteses.

Pozo et al (1991) apontam que uma das regras habituais do raciocínio causal cotidiano dos alunos é a contiguidade espacial e temporal entre causa e efeito. A causa deve estar próxima espacialmente, se não em contato direto com o efeito e há uma tendência em buscar as causas dos fatos nos fenômenos imediatamente anteriores aos efeitos. Também apontam a dificuldade dos alunos em usar explicações causais múltiplas, talvez porque o raciocínio correlacional é um dos menos desenvolvidos, não só entre adolescentes, mas entre adultos universitários.

Acredito que, no ensino de Geologia/Geociências com ênfase nos trabalhos de campo, o trabalho com hipóteses, as narrativas, os desenhos, aqui discutidos, têm grande potencial como estratégia didática, pois vai de encontro à preocupação exposta acima. Pode auxiliar na superação do raciocínio causal linear e simples normalmente usado para explicar fenômenos científicos e cotidianos, já que a amplitude da escala e do tempo geológico introduz dificuldades cognitivas específicas para a compreensão dos fenômenos, frente ao mundo "mais contíguo" das transformações físicas e químicas; auxiliar na compreensão das relações sincrônicas e diacrônicas de aspectos espaciais e temporais dos fenômenos; bem como, auxiliar o desenvolvimento de um raciocínio correlacional, histórico-comparativo e sintético.

## Referencias citadas

- AB'SABER, A. N. (1991) (Re)Conceituando educação ambiental. Museu de Astronomia e Ciências Afins (**folder**). Rio de Janeiro.
- ALCÂNTARA, H. & GONÇALVES, P. W. (1999) Integração do ensino de Geografia e de Geociências: questão do criacionismo e tolerância religiosa. In: Reunião Anual da ANPEC, 22, Caxambu, 1999. **Anais**, ANPED, Caxambu, CD-ROM, 12p.
- ARNHEIM, R. (1980) **Arte e percepção visual -uma psicologia da visão criadora**. São Paulo: 2ª ed, Pioneira e EDUSP, 503 p.
- \_\_\_\_\_. (1987) **Intuizione e intelletto**. Milano: Feltrinelli Ed, 374pp.
- ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. A **didática das Ciências**. Campinas: Papirus Ed, 1990,

132pp.

ATLAS VISUAL A TERRA. (1996) São Paulo: Círculo do Livro, 63pp.

AULT, C.R. (1994) Research on problem solving: Earth Science. In: GABEL, D.L. (Ed.) **Handbook of research on science teaching and learning**. New York: Macmillan Publis, p.269-283.

BAKHTIN, M. (1981) *Marxismo e filosofia da linguagem*. São Paulo: Ed. Hucitec, 196pp.

BRUNER, Jerome. (1997) *La educación puerta de la cultura*. Madrid: Visor Dis., 216pp.

BEZZI, A. (1995) Water cycle and constructivism: some “epistemological” speculations. *Cadernos do IG/UNICAMP*, Campinas, v.5, n.1, p.31-46.

\_\_\_\_\_. (1996) Is Geology teaching also Geology learning? An interactive education approach to solve the dilemma. In: STOW, D.A.V. and McCALL, G.J.H. *Geoscience Education and Training -In Schools and Universities, for Industry and Public Awareness*. Rotterdam: A.A. Balkema, p.463-480.

BRASIL – MEC. *Programa de Formação de Professores Alfabetizadores: guias de orientações metodológicas gerais*. Secretaria da Educação Fundamental, 2001, 198pp.

CAAMAÑO ROS, A. (1988) Tendencias actuales en el currículo de ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, vol 6 (3):265-277.

CACHAPUZ, A. F. ( 1997) Investigação em didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. In: PIMENTA, S. G. (Org.) *Didática e formação de professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. São Paulo: Cortez, p. 205-240.

CAGNIN, A.L. (1975) *Os quadrinhos*. São Paulo: Ed. Ática, 239p.

CARR, W. (1996) **Una teoría para la educación – hacia una investigación educativa crítica**. Madrid: Ed. Morata, 173pp.

CAZDEN, C.B. (1991) *El discurso en el aula -el lenguaje de la enseñanza y del aprendizaje*. Barcelona: Paidós & MEC, 235p. (Temas de Educación)

CHAMBERLIN, T.C., 1931. The method of multiple working hypotheses, *The Journal of Geology*, Chicago, 1, pp.155-165.

COHEN, M.R. & KAGAN, M.H. ( 1979) Where does the old moon go? **Science Teacher**, v.48, n.8, p.22-23.

COLLINS, H. & SHAPIN, S. (1989) Experiment, Science Teaching, and the New History and Sociology of Science. In: SHORTLAND, M. & WARWICK A. (Ed.) **Teaching the History of Science**. Blackweel: BSHS, p.67-79.

COMPIANI, M. (1990) Geologia pra que te quero no ensino de ciências. *Educação & Sociedade*, Campinas, n.36, p.100-117.

- \_\_\_\_\_. (1993) O papel do método das múltiplas hipóteses de trabalho no ensino de Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, p 60-61.
- \_\_\_\_\_. (1996a) *As Geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema “A formação do Universo”*. Campinas: FE/UNICAMP, 216p. (Tese de doutorado)
- \_\_\_\_\_. (1996b) A narrativa histórica das Geociências no ensino fundamental (EGB): um exemplo com o tema “A formação do Universo”. *Enzeñanza de las Ciencias de la Tierra*, Girona, v.4, n.extra, p. 64-69.
- \_\_\_\_\_. (1998) A narrativa histórica das Geociências na sala de aula no ensino fundamental. In: ALMEIDA, M.J.P.M. de, SILVA, H.C. da (Orgs.) *Linguagens, leituras e ensino da ciência*. Campinas: Mercado de Letras, cap.9, p. 163-182.
- \_\_\_\_\_. (1999) Reflexiones y resultados parciales del convenio de colaboración universidad/escuela pública para la formación permanente de profesores en ejercicio con temas de geociencias. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, Girona, v. 7, n. 1, p. 38-46.
- COMPIANI, M. & PASCHOALE, C. (1990) Geologia como forma de conhecimento sintético e histórico sobre o planeta e sua adequação ao ensino de Ciências. In: SIMP. ENS. GEOL., 6, Tenerife- Espanha, 1990. *Anais...*Universidad de la Laguna, Tenerife, p.21-33.
- COMPIANI, M. & GONÇALVES, P.W. Epistemología e Historia de la Geología como fuentes para la selección y organización del curriculum. **Enzeñanza de las Ciencias de la Tierra**, Girona, v. 4, n. 1, pp. 38-45, 1996.
- COMPIANI, M.; FIGUEIRÔA, S. F. DE M.; GONÇALVES, P. W.; LOPES, M. M.; NOGUEIRA, A. (1997) Geociências e a formação continuada de professores em exercício do Ensino Fundamental -em busca de diretrizes. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, nº extra, p. 23-24.
- COMPIANI, M.; FIGUEIRÔA, S.F.M.; GONÇALVES, P.W.; NEWERLA, V.B.; NOGUEIRA, A.; ALTONAMI, A.; FINCO, G.; SILVA, F.K.M.; SILVA, R.B. EQUIPE DA REDE PÚBLICA. (2001) Geociências e a formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental. **Relatório científico Final**, Processo: FAPESP - 96/2566-4. Depto de Geociências Aplicadas ao Ensino, IG/UNICAMP, 286pp. + Relatórios Científicos individuais de cada professora.
- CONTRERAS, J. (1997) *La autonomía del profesorado*. Madrid: Ed. Morata, 227pp.

- DE PRO, A. & JAÉN, M. (1990) Ideas de los alumnos de Magisterio respecto a los cambios que se producen en la superficie terrestre. In: SIMP. ENS. GEOL., 6, Tenerife, 1990. **Comunicaciones...**Univ de La Laguna, Tenerife, p.373-388.
- EDWARDS, Derek. (1998) Em direção a uma psicologia do discurso da educação em sala de aula. In: COLL, C. & EDWARDS, D. (Org.) *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula*. Porto Alegre: ArtMed, Cap. 3, p. 47-74.
- EDWARDS, D. & MERCER, N. (1989) *Common knowledge: the development of understanding in the classroom*. London: 2ªed, Routledge, 187p.
- FIGUEIRÔA, S. F. de M.; LOPES, M. M.. (1996) La historia de la geología y su potencial educacional: reflexiones desde America Latina. **Enseñanza de las ciencias de la Tierra:** Espanha, v.4, n.1, pp.71-76.
- FRODEMAN, R. (1995) Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *GSA Bulletin*, v.107, n.8, p.960-968.
- FRODEMAN, R. & TURNER, C. (1996) Geology in a Post-Industrial Society. **Journal of Geoscience Education**, v. 44, pp.36-37.
- GALLEGOS, J.A. ( 1992) La percepción del tiempo geológico. In: SIMP. ENS. GEOLOGÍA, 7, Compostela, 1992. **Comunicaciones...**I.C.E., Compostela, p.185-202.
- GARCÍA, E. (1987) La interacción con el medio en relación con la investigación en la escuela. **Investigación en la Escuela**, Sevilla, n. 1, pp.57-62.
- GERALDI, J. W. (1998) Recuperando as práticas de interlocução na sala de aula (Entrevista). **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte - MG, v. 4, n. 24, p. 5-19.
- GOODNOW, J. (1983) *El dibujo infantil*. Madrid: 3ªed, Ed. Morata, 215p. (Serie Bruner, El desarrollo en el niño, nº 8)
- GRANDA VERA, A. (1988) Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geología. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.6, n.3, p.239-243.
- HAPPS, J.C. (1982<sup>a</sup>) Some aspects of student understanding of soil. **Australian Science Teachers Journal**, v.28, p.25-31.
- \_\_\_\_\_. (1982<sup>b</sup>) Classifying rocks and minerals: a conceptual tug-of-war. **New Zealand Science Teacher**, v.34, p.20-25.
- \_\_\_\_\_. (1982<sup>c</sup>) Some aspects of student understanding of two New Zealand landforms. **Science Teacher**, v.2, n.32, p.4-12.
- \_\_\_\_\_. (1985) Regression in learning outcomes: some examples from the Earth Sciences. **Geology Teaching**, v.10, p.87-94, 1985.

- JAÉN, M. & DE PRO, A. (1988) Análisis diagnóstico del aprendizaje de geología en la formación básica. I-erosión, transporte y sedimentación. In: SIMP. ENS. GEOLOGÍA, 5, Madrid, 1988. **Henares -Revista de Geología**, n.2, p.165-172.
- JONES, L.B. & LYNCH, P.P. (1987) Children's conceptions of the Earth, sun and moon. **Int. J. Sci Educ.**, London, Taylor & Francis, v.9, n.1, p.43-53.
- KLEIN, C.A. (1982) Children's concepts of the Earth and Sun: a cross-cultural study. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.65, n.1, p.95-107.
- HABERMAS, J. (1987) **Conhecimento e interesse**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 367pp.
- HODSON, D. (1985) Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, University of Leeds, v.12, p.25-57.
- KINCHELOE, J.L. (1997) **A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-moderno**. Porto Alegre: Artes Médicas, 262pp.
- LAWSON, A. (1990) Guest editorial: the method of multiple working hypotheses, *J. Res. Science Teaching*, 27 (3), pp. 195-196.
- LEVESON, D.J. (1988) The Geologist's Vision. *J. Geological Education*, v.36, p.306-309. (Tradução Vívian Branco Newerla)
- LILLO, J. (1994) Análisis de errores conceptuales en geología a partir de las expresiones gráficas de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.12, n.1, p.39-44.
- LISTON, D. P. y ZEICHNER, K. M. (1993) *Formación del profesorado y condiciones sociales de la escolarización*. Madrid, Morata, 277pp.
- LOVRETO, J.A. (1993) A linguagem do futuro. In: ALVES, M.L. & DURAN, M.C.G. (Coord.) *Linguagem e linguagens*. São Paulo: FDE, p.65-76. (Série idéias, n.17)
- LÜDKE, M. (1995) A pesquisa na formação do professor. In: Fazenda, I.C.A. (Org.) **A pesquisa em educação e as transformações do conhecimento**. Campinas: Papirus, pp. 111-120.
- MACHADO, C.M.C.; VEIGA FILHO, A.A.; GATTI, E.U. & SANTAELLA BRAGA, M.L. (1984) *Critérios para a divulgação da pesquisa científica: uma aplicação da semiótica peirceana*. São Paulo: Inst. de Economia Agrícola da Sec. de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 69p. (Série Relatórios de Pesquisa 4/84)
- MALI, G.B. & HOWE, A. (1979) Development of Earth and gravity concepts among Nepali children. **Science Education.**, John Wiley & Sons, Inc, v.63, n.5, p.685-691.
- MARQUES, L.M.F. (1988) **Alternative frameworks of urban portuguese pupils aged 10/11 and 14/15 with respect to earth, life and volcanoes**. Keele: University of Keele, Master. 385pp.

- MASSA, B. (1994) La adquisición precoz de conceptos abstractos: algunas consideraciones sobre la observación en geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Madrid, nº extra, p.34-39.
- MATTHEWS, M.R. (1994) Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.12, n.2, p.255-277.
- MAYER, V.J. (1991) Earth-systems science, a planetary perspective. **The Science Teacher**, v. 58, n. 1, pp. 34-39.
- MAYER, V.J. & KUMANO, (2001) Y. The Role Of System Science In Future School Science Curricula. In: MAYER, V. J. (Org.) **Global Science Literacy: The International Standard For Science Literacy**. The Ohio State University.
- MILLAR, R & DRIVER, R, 1987. Beyond processes. *Studies in Science Education*, vol 14, p 33-62.
- NOVAK, J.D. (1988) El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos. In: PORLAN, R.; GARCIA, J.E. & CANAL, P. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada Ed, p.23-40.
- NUSSBAUM, J. (1979) Children's conceptions of Earth as a cosmic body: a cross-age study. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.63, n.1, p.83-93.
- NUSSBAUM, J. & NOVAK, J.D. (1976) An assessment of children's concepts of Earth utilizing structured interviews. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.60, n.4, p.535-550.
- NUSSBAUM, J. & SHARONI-DAGAN. (1983) Changes in Second Grade children's preconceptions about Earth as a cosmic body resulting from a short series of auto-tutorial lessons. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.67, n.1, p.99-114.
- OSBORNE, J. (1991) Approaches to the teaching of AT16- the Earth in space: issues, problems and resources. **School Science Review**, v.72, n.260, p.7-15.
- ORION, N. (1996) An holistic approach to introducing geoscience into schools: The Israeli model-from practice to theory. In: STOW, D.A.V. and McCALL, G.J.H. *Geoscience Education and Training -In Schools and Universities, for Industry and Public Awareness*. Rotterdam: A.A. Balkema, p.17-34.
- PASCHOALE, C. (1984) Alice no país da geologia e o que ela encontrou lá. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...*Rio de Janeiro, SBG, v.5, p.242-249.
- \_\_\_\_\_. (1985) Abdução e o método fundamental da geologia, São Paulo, PUC-SP, 14pp. (*mimeog.*)
- \_\_\_\_\_. (1988) Montando um discurso da Terra. *Apostila*, FEL/UNICAMP, 10p.

- \_\_\_\_\_. (1989) *Geologia como Semiótica da Natureza*. São Paulo: PUC/SP, Dissertação de Mestrado, 138p.
- \_\_\_\_\_. (1990) Dupin geólogo? Uma abordagem semiótica para a geologia e o conto policial. In: LOPES, M. & FIGUEIRÔA, S. (Org.) *O conhecimento geológico na América Latina: questões de história e teoria*. Campinas: UNICAMP-Instituto de Geociências, p.241-258.
- PEDEMONTE, G.M. & BEZZI, A. (1989) Geology and Society in education: a multi-faceted problem calling for broader research prospects. In: INTERN. GEOL. CONGRES., 28, Washington-DC. (*mimeografado*)
- PEDRINACI, E. (1987) Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos. **Investigación en la Escuela**, 2, p. 65-74.
- \_\_\_\_\_. (1993) La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n.3, p. 315-323.
- PEDRINACI, E. & ALVAREZ, R. (1992) Obstáculos en la construcción de las nociones acerca del origen de las rocas. In: SIMP. ENS. GEOL., 7, Compostela, 1992. **Comunicaciones...** I.C.E., Compostela, p.173-184.
- PERA, M., 1982. Apologia del metodo. Roma, Ed. Laterza, 172 pp.
- PINO, A. (1991) O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes*, Campinas, n.24, p.32-43.
- PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M. & ZUCCHERMAGLIO, C. (1992) *Discutendo si impara*. Roma: Nuova Italia, 266p.
- POTAPOVA, M.S. (1968) *Geology as an historical science of nature*. In: *Interaction of sciences in the study of the Earth*. Moscou: Progress Publisher, p.117-126. (Tradução: Paschoale, C.)
- POZO, J. ET AL, 1991. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva, *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 83-94.
- PRAIA, J. & MARQUES, L. (1990) As "idéias intuitivas" em classes de geociências: alguns elementos sobre a investigação actual. **Revista O Professor**, p.8-15.
- ROGERS, R.D. (1983) Time-space patterns: the natural laws of geology. *History of Geology*, v.2, n.1, p.38-40.
- \_\_\_\_\_. (1989) Use of observational patterns in geology. *Geology*, v.17, p.131-134.
- RODRÍGUEZ, M.; VILLA, S. & ANGUITA, F. (1990) *Ciencias Naturales 1º BUP*. Madrid: Ed. SM, 381p.
- SANTAELLA BRAGA, M.L. (1980) *Produção de linguagem e ideologia*. São Paulo: 2ªed,

Cortez Ed, 160p.

- \_\_\_\_\_. (1984) *O que é semiótica*. São Paulo: Ed. Brasiliense, 114p.
- SANTOS, C. y COMPIANI, M. (1998) Trabajo de campo en geomorfología y la cognición del medio ambiente. In: SIMP. ENS. GEOLOGÍA, 10, Mallorca, 1998. **Documentos**, Mallorca, AEPECT, pp. 179-184.
- SANTOS, Milton. (1997) **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: 2ª ed., Hucitec.
- SANTOS, Milton. (1994) **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio Técnico Científico Informacional**. São Paulo: Hucitec.
- SCOTT, J. (ed.) (1992) *Language and science links: classroom implications*. Australian Reading Association, 91pp.
- SEDDON, G. (1996) Thinking like a geologist: the culture of geology (Mawson Lecture 1996). **Australian Journal of Earth Sciences**, vol. 43, pp.487-495.
- SILVA, F. K. M. da (2002) Análise de imagens geocientíficas nos livros didáticos de ciências. Dissertação de Mestrado. IG-UNICAMP.
- SNEIDER, C. & PULOS, S. (1983) Children's cosmographies: understanding the Earth's shape and gravity. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.67, n.2, p.205-221.
- SOLBES, J. & VILCHES, A. (1989) Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. **Enseñanzas de las Ciencias**, Barcelona, vol 7, n. 1, pp. 14-20.
- SOUZA, M. J. L. de & COMPIANI, M. (1999) As interações discursivas na sala de aula de ciências com o tema 'as interações solo-plantas'. In: Encontro sobre Linguagens, Leituras e Ensino das Ciências, 3, Campinas. *Anais em CD-ROM*. 8pp.
- SROUR, R.H. (1978) **Modo de produção: elementos da problemática**. Rio de Janeiro: Ed. Graal.
- SUGAHARA, N. N. G. & COMPIANI, M. (1999) Explicações, representações visuais sobre o ensino da água mineral nas salas de aula de ciências. In: Encontro sobre Linguagens, Leituras e Ensino das Ciências, 3, Campinas. *Anais em CD-ROM*. 15pp.
- TEIXEIRA, L. M. G. & COMPIANI, M. (1999) Leitura e produções de textos a partir de representações visuais geocientíficas. In: Encontro sobre Linguagens, Leituras e Ensino das Ciências, 3, Campinas. *Anais em CD-ROM*. 7pp.
- THOMPSON, D.B. (1986) Our assumptions and their alternative frameworks. **Geology Teaching**, v.11, n.3, p.106-108.
- VICKERS, G. (1979) Rationality and intuition. In: WECHSLER, J. (Ed.) *On aesthetics in Science*. 2ª ed. The Massachusetts Institute of Technology, p.143-164.

- VYGOTSKY, L.S. (1979) **Pensamento e linguagem**. Lisboa: Ed. Antidoto, 213p.
- VYGOTSKY, L.S. (1990) *Immaginazione e creatività nell'età infantile*. Roma: Ed. Riuniti, 142p.
- WENHAM, M., 1993. The nature and role of hypotheses in school science investigations. *Int. J. Sci. Educ.*, vol 15, n 3, p 231-240.
- WERSTCH, J.V. & MINICK, N. (1988) The problem of meaning in a sociocultural approach to mind. *Paper presented at the University of Calgary lectures series "Theoretical Advances in the Study of Cognition"*.
- Yus Ramos, R, Temas Transversais: a Escola da Ultramodernidade, Pátio Revista Pedagógica N° 5, 4pp., mai/jul 1998. (<http://www.artmed.com.br>)