

**MAURÍCIO COMPIANI**

**As Geociências no Ensino Fundamental: um estudo  
de caso sobre o tema “A formação do Universo”**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Faculdade de Educação**

**1996**

**MAURÍCIO COMPIANI**

**As Geociências no Ensino Fundamental: um estudo  
de caso sobre o tema "A formação do Universo"**

Tese apresentada como exigência parcial para obtenção  
do Título de DOUTOR em EDUCAÇÃO na Área  
de Concentração: Metodologia do Ensino à Comissão  
Julgadora da Faculdade de Educação  
da Universidade Estadual de Campinas, sob a  
orientação da Profa Dra Roseli Pacheco Schnetzler

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**Faculdade de Educação**

**1996**

9605397

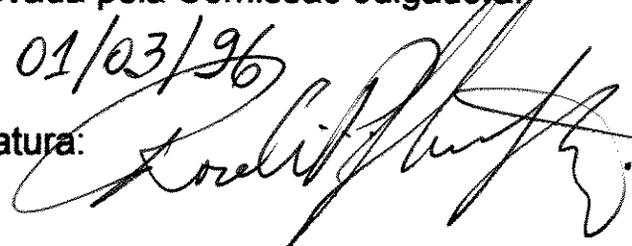
**As Geociências no Ensino Fundamental: um estudo  
de caso sobre o tema “A formação do Universo”**

Este exemplar corresponde à  
redação final da Tese defendida  
por Maurício Compiani

e aprovada pela Comissão Julgadora.

Data: 01/03/96

Assinatura:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Loreli...', written over the printed word 'Assinatura:'.

**Comissão Julgadora:**

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_

*Aos meus alunos de Jundiaí*

Deixo registrado os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para elaboração desta tese.

Agradeço especialmente à Roseli Pacheco Schnetzler, pela orientação e acompanhamento durante suas diferentes fases; à profa Maria Aparecida da F. Terciani, pelo apoio dado no estudo de caso; aos italianos: Alfredo Bezzi, Benedetta Massa e Gian Pedemonte, pelo apoio dado durante os estudos no exterior; ao prof. José Lillo Beviá, pela leitura e comentários da qualificação; à Vívian Branco Newerla e à Dna Vilma Branco Newerla, pelo apoio dado na finalização.

Esta pesquisa contou com os seguintes apoios:

CNPq 401429/91-1(NV).

CAPES-PADCT 3901/92-16.

CNPq 80.0294/92.0.

FAEP-UNICAMP 0748/92.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b>	001
<b>Introdução</b>	002
<b>CAP. I - REVELANDO O 'OLHAR' DO PESQUISADOR</b>	006
<b>O conteúdo específico</b>	007
<b>O papel das idéias prévias na aprendizagem</b>	012
<b>A mediação do professor</b>	019
<b>As formas interativas e discursivas</b>	023
<b>O estudo de caso de Jundiá</b>	026
<b>Por que o tema "A formação do Universo"?</b>	029
<b>As atividades desenvolvidas</b>	033
<b>CAP. II - AULA DEBATE: "A FORMAÇÃO DO UNIVERSO"</b>	034
<b>O discurso em sala de aula</b>	035
<b>Elaborando categorias</b>	039
<b>O questionário para identificação das idéias prévias dos alunos</b>	047
<b>Trabalho em grupo sobre as respostas dos questionários</b>	052
<b>Descrevendo e analisando a aula debate</b>	055
<b>O processo explosivo de origem do Universo</b>	057
<b>O que de fato explodiu e qual é a causa da explosão inicial?</b>	065
<b>A expansão da nuvem cósmica</b>	076
<b>O papel da atração gravitacional</b>	084
<b>A formação da Terra</b>	098

<b>CAP. III - AS ESTÓRIAS DOS ALUNOS SOBRE "A FORMAÇÃO DO UNIVERSO"</b>	<b>108</b>
<b>A narração e o desenho como expressões das idéias dos alunos sobre "A formação do Universo"</b>	<b>111</b>
<b>Discutindo a aprendizagem dos alunos à luz das influências do ensino</b>	<b>121</b>
<b>CAP. IV - A CONTINUIDADE DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM</b>	<b>165</b>
<b>Texto: "A origem do Universo: teoria da grande explosão -big bang"</b>	<b>166</b>
<b>Aula expositiva: "A origem do Sistema Solar"</b>	<b>168</b>
<b>Avaliação final</b>	<b>174</b>
<b>A avaliação do processo de ensino-aprendizagem pelos alunos</b>	<b>188</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>190</b>
<b>Anexo 1 - Respostas dos alunos ao questionário inicial sobre o tema "A formação do Universo"</b>	<b>202</b>
<b>Anexo 2 - Transcrição da discussão de um grupo sobre os questionários iniciais do tema "A formação do Universo"</b>	<b>205</b>
<b>Anexo 3 - Respostas dos trabalhos de grupo ao questionário inicial "A formação do Universo"</b>	<b>207</b>
<b>Abstract</b>	<b>208</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>209</b>

## **Lista de Quadros**

<b>Quadro 1 - As categorias do discurso entre professor-aluno e aluno-aluno</b>	<b>048</b>
<b>Quadro 2 - Idéias mais estruturadas e mais fragmentadas das respostas dos alunos ao questionário inicial</b>	<b>050 e 051</b>
<b>Quadros 3.1 A - Síntese das produções dos alunos do Grupo 1</b>	<b>124</b>
<b>Quadros 3.1 B - Síntese das produções dos alunos do Grupo 1</b>	<b>130</b>
<b>Quadros 3.2 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 2</b>	<b>141</b>
<b>Quadros 3.3 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 3</b>	<b>148</b>
<b>Quadros 3.4 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 4</b>	<b>156</b>
<b>Quadro 4.1 A - Respostas do grupo 1 às perguntas 1 e 2 do questionário final</b>	<b>175</b>
<b>Quadro 4.1 B - Respostas do grupo 1 às perguntas 1 e 2 do questionário final</b>	<b>177 e 178</b>
<b>Quadro 4.2 - Respostas do grupo 2 às perguntas 1 e 2 do questionário final</b>	<b>180</b>
<b>Quadro 4.3 - Respostas do grupo 3 às perguntas 1 e 2 do questionário final</b>	<b>183</b>
<b>Quadro 4.4 - Respostas do grupo 4 às perguntas 1 e 2 do questionário final</b>	<b>185</b>

## **Lista de Figuras**

<b>Figura 1 - Estória do Luís</b>	<b>125</b>
<b>Figura 2 - Estória do Juliano</b>	<b>126</b>
<b>Figura 3 - Estória do Alexandre</b>	<b>128</b>
<b>Figura 4 - Estória do Daniel</b>	<b>131</b>
<b>Figura 5 - Estória do Alex</b>	<b>133</b>
<b>Figura 6 - Estória do Moacir</b>	<b>135</b>
<b>Figura 7 - Estória do André Luiz</b>	<b>136</b>
<b>Figura 8 - Estória da Tábata</b>	<b>138</b>
<b>Figura 9 - Estória da Edna</b>	<b>142</b>
<b>Figura 10 - Estória da Roseléia</b>	<b>143</b>
<b>Figura 11 - Estória do André Roberto</b>	<b>145</b>
<b>Figura 12 - Estória da Surian</b>	<b>146</b>
<b>Figura 13 - Estória do Eric</b>	<b>149</b>
<b>Figura 14 - Estória da Karen</b>	<b>150</b>
<b>Figura 15 - Estória da Telma</b>	<b>152</b>
<b>Figura 16 - Estória da Viviane</b>	<b>153</b>
<b>Figura 17 - Estória da Tatiana</b>	<b>157</b>
<b>Figura 18 - Estória da Alessandra</b>	<b>158</b>

## RESUMO

Esta pesquisa revela e discute que a complexidade do conhecimento de Geociências, ao contrário de ser impeditiva para o seu ensino, é instigante e introduz certas cognições básicas para os alunos do ensino fundamental.

O tema "Formação do Universo", altamente abstrato, por envolver gigantescas escalas espaciais e temporais de seus fenômenos, foi abordado em um processo de ensino-aprendizagem desenvolvido com 18 alunos de uma 5ª série do ensino fundamental na qual o professor atuou, também, como pesquisador.

Duas questões centrais constituíram o foco de investigação do estudo de caso realizado: conceituações sobre o tema "Formação do Universo" podem ser aprendidas por alunos de 5ª série do ensino fundamental, apesar da natureza abstrata que caracteriza tal tema? e, em que medida, a efetividade daquela aprendizagem pode ser propiciada pelo papel mediador do professor na construção do conhecimento científico pelos alunos?

Procurou-se, então, no estudo de caso realizado, identificar e interpretar a (possível, ou não) evolução conceitual dos alunos sobre o tema em questão, à luz da mediação estabelecida pelo professor.

A adoção de alguns pressupostos teórico-metodológicos de natureza construtivista apoiou a elaboração de categorias para as interações professor-aluno, aluno-aluno ocorridas no discurso da sala de aula, bem como possibilitou as análises e discussões dos dados obtidos. Estes foram coletados através de: i. respostas dos alunos ao questionário de levantamento de suas idéias prévias sobre a origem do Universo; ii. transcrições das gravações em fita-cassete das aulas sobre o tema; iii. produções dos alunos com relação a solicitações de tarefas e avaliações; e iv. transcrições de entrevistas com os alunos sobre as suas opiniões à respeito do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido.

Os resultados obtidos evidenciaram a ocorrência de evolução conceitual dos alunos sobre o tema "A formação do Universo" e, que esta se mostrou ser fortemente catalisada pela mediação do professor. Também, viabilizaram um modo específico de se considerar a origem e a evolução do Universo com conceituações, como por exemplo, representação de espaço e tempo, raciocínios de causalidade e o argumentar e narrar histórico.

## Introdução

Desde 1981, quando me graduei em Geologia, venho dedicando as minhas atividades de docência, pesquisa e extensão para a melhoria do ensino fundamental e médio, trabalhando, principalmente, com a formação de professores de Ciências e Geografia. Demonstrar, discutir e pesquisar a importância das Geociências<sup>1</sup> para esses níveis escolares foi e continua sendo a minha tônica. Pesquisando sobre o assunto (Compiani & Cunha, 1992), constatei que, nas últimas décadas, os tópicos de Geociências vêm apresentando um razoável incremento nas disciplinas de Geografia e, principalmente, Ciências de acordo com propostas e orientações curriculares dirigidas ao ensino fundamental (antigo 1º grau) no Estado de São Paulo. Salvo melhor juízo, tal incremento deve-se às ações e contribuições de vários educadores em Geociências, principalmente as de Amaral (1995) e Gouveia (1992) que, como eu, adotam o pressuposto de que as Geociências são importantes para a formação dos alunos da escola fundamental.

Porém, esse pressuposto choca-se com o pensamento da maioria dos geólogos. Estes consideram que a natureza sintética e complexa do conhecimento das Geociências seja impeditiva para ensinamentos, até mesmo, por exemplo, de traços rudimentares de Geologia e Astronomia, naquele nível escolar. Essa idéia predominante, parece-me derivar de concepções de ciência e de um modo de olhar o processo de ensino-aprendizagem naquele nível com a mente da universidade, ou seja, com os parâmetros hierarquizados e sistematizados de Geociências. Tal visão privilegia o corpo logicamente organizado de conhecimentos disciplinares e de métodos que devem ser transmitidos aos alunos, de maneira racional e técnica. Assim, nesta visão, os conceitos científicos são tratados de forma pronta e acabada, através de um processo fundado na transmissão e recepção de informações.

Contra-pondo-me a essas idéias, eu tinha claro que, para discutir e, também, revelar a importância das Geociências na escola fundamental, precisaria mostrar que a complexidade do conhecimento de Geociências, ao contrário de ser impeditiva para o seu ensino, é instigante e introduz certas cognições básicas para os alunos daquela escolaridade.

---

<sup>1</sup> Designo Geociências aqueles conteúdos de Geologia, Astronomia, Climatologia, entre outros, que não constam como disciplina no currículo da escola fundamental, mas são, inicialmente abordados em Geografia e Ciências.

Então, para testar o meu pressuposto, resolvi trabalhar diretamente com tais alunos, pois, para mim, seria instigante ir constatar, in loco, se, de fato, as Geociências são importantes para eles. Para isso, escolhi uma quinta série de uma escola pública na cidade de Jundiá, no Estado de São Paulo, onde, durante o segundo semestre letivo de 1992, ensinei para 18 alunos (faixa etária entre 10 e 12 anos), aspectos do conhecimento de Geociências. Atuei junto ao professor responsável pela disciplina de Geografia, mas eu assumi totalmente o controle e as lições da classe.

Para testar ainda mais o meu pressuposto, eu sabia que seria interessante um conteúdo bastante abstrato e que exige raciocínios bem peculiares de Geociências. E qual não foi minha surpresa, quando do meu primeiro contato com os alunos, ao perguntar-lhes sobre que temas gostariam de estudar, apareceu em primeiro lugar a origem do Universo. Isso me instigou a preparar o tema "Formação do Universo". E, para tal, apoiei-me, fundamentalmente, na crença de que o professor pode e deve mediar a construção das idéias científicas pelos alunos.

Desta forma, neste trabalho, duas são as questões sob investigação: conceituações sobre o tema "Formação do Universo" podem ser aprendidas por alunos da 5ª série do ensino fundamental apesar da natureza abstrata que caracteriza tal tema? e, em que medida, a efetividade daquela aprendizagem pode ser propiciada pelo papel mediador do professor na construção do conhecimento científico pelos alunos?

Então, para investigar tais questões, optei por uma abordagem qualitativa, realizando um estudo de caso porque, segundo Ludke & André (1986), ele é ótimo para ser desenvolvido em situações naturais (sala de aula, por exemplo), com um plano aberto e flexível, focalizando a realidade de forma complexa e contextualizada.

Assim, neste estudo de caso, procurei identificar e interpretar a (possível ou não) evolução conceitual dos alunos sobre o tema "Formação do Universo" à luz de minha mediação como professor.

Como fui, professor-pesquisador, desenvolvi uma metodologia de pesquisa-ação, onde foi fundamental descrever a experiência e relatar a própria metodologia utilizada à luz dos resultados específicos alcançados. As principais fontes de informações para o estudo de caso foram: as respostas dos alunos ao questionário de levantamento de suas idéias prévias sobre a "Formação do Universo"; as transcrições das gravações em fitas cassete das aulas sobre o tema; as produções dos alunos com relação às solicitações de tarefas e avaliações; e

transcrições de entrevistas com os alunos sobre suas opiniões à respeito do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido.

Para realização deste estudo de caso, inúmeras decisões de natureza teórico-metodológica tiveram que ser obviamente tomadas, as quais se encontram descritas e fundamentadas nos capítulos a seguir. No entanto, uma síntese das mesmas pode ser revelada nas considerações que se seguem a respeito da estrutura da tese.

No Capítulo I, explico a metodologia de pesquisa adotada e os porquês da escolha do tema “A formação do Universo”. Além disso, defendo uma posição construtivista do processo de ensino-aprendizagem, discutindo a importância do conteúdo específico, das idéias prévias dos alunos, do papel mediador do professor e das formas interativas e discursivas na construção do conhecimento científico em sala de aula.

O Capítulo II é o lugar onde descrevo e interpreto a aula debate “A Formação do Universo”. Para tal, fundamento a busca de uma metodologia de análise do discurso em sala de aula, elaborando uma categorização para as interações ocorridas. Com isso, inicio, propriamente, a descrição da aula mas, já interpretando os dados à luz das questões sob investigação. Isto é, procurando marcar, ao longo da aula, os avanços conceituais dos alunos, sempre em relação ao próprio contexto constituído, como em relação à mediação do professor.

Por sua vez, o Capítulo III, é o espaço onde analiso as estórias dos alunos sobre a formação do Universo. Aqui, também, para a própria análise, busco uma fundamentação para as expressões dos alunos na natureza do conteúdo específico, e faço a análise com base nos desenhos e na narração. Os resultados dessas produções foram, também, interpretados à luz de critérios relativos aos conceitos, processos e representações concernentes ao tema tratado na aula, para apontar as possíveis influências do ensino na aprendizagem dos alunos.

No Capítulo IV, discuto a continuidade do processo de ensino-aprendizagem ocorrido. Enfoco o questionário de avaliação final à luz das análises anteriores e em relação a dois outros processos de ensino: Texto: “A origem do Universo: teoria da grande explosão -big bang” e Aula expositiva: “A origem do Sistema Solar”. Finalizando, discuto as opiniões dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido através das entrevistas deles.

Procuro mostrar, com esta pesquisa, que as Geociências permitem um modo específico de se considerar a origem e a evolução do Universo, viabilizando elaborações conceituais que a maioria dos geólogos não acredita serem possíveis para alunos da escola fundamental.

Também, procuro revelar o importante papel que as Geociências jogam no desenvolvimento de elaborações conceituais dos alunos que implicam em e ampliam noções como por exemplo, de espaço e tempo, de relações de causalidades, como também do argumentar e narrar histórico.

Mostro, com ênfase, o papel do professor na elaboração conceitual dos alunos sobre um tema -"A formação do Universo"- bastante abstrato para crianças de 5ª série da escola fundamental.

E, sob uma perspectiva mais geral, procuro, ao inter-relacionar o contexto de aprendizagem com a mediação do professor, a natureza do conteúdo específico e o papel das idéias prévias dos alunos evidenciar que as interações professor-aluno, aluno-aluno e as negociações de significado são fundamentais na construção de conhecimentos em sala de aula..

# Capítulo I

## Revelando o 'olhar' do pesquisador



O objetivo central deste capítulo é o de revelar algumas das minhas crenças, alguns dos pressupostos que nortearam a minha caminhada para realizar este trabalho. Com isso, esclareço que não abordarei aqui todas as idéias e contribuições de vários pesquisadores e estudiosos às quais recorri para embasar as inúmeras decisões que tomei nesta pesquisa. Isto porque nos capítulos a seguir, incluo várias fundamentações de natureza teórico-metodológicas para revelar, mais claramente, as análises dos dados e as interpretações dos resultados.

Após este esclarecimento, começo então, a revelar os pressupostos mais gerais nos quais este trabalho se apoia.

## **O conteúdo específico**

Parto do princípio de que um conteúdo específico é importante, delimita, interfere, constitui o próprio contexto interativo de uma sala de aula. E, esse contexto e conteúdo se constituem, ainda com outros dois 'determinantes' de uma sala de aula: o professor e as idéias prévias dos alunos.

Como eu optei por investigar um tema bastante abstrato ("A formação do Universo") e que exige raciocínios bem peculiares de Geociências, cabe discutir alguns aspectos referentes ao chamado conteúdo específico. Para discutir a importância das Geociências na escola fundamental, eu sei que um caminho é mostrar que a complexidade do conhecimento de Geociências, ao contrário de ser impeditiva para o seu ensino, é instigante e, provavelmente, introduz certas cognições básicas para os alunos.

As Geociências têm contribuído com uma parcela importante para a história efetiva das ciências. Segundo Mayer (1991), os conhecimentos que têm causado grandes impactos intelectuais e culturais em nossas vidas são resultantes de investigações que usaram metodologias históricas e descritivas. Tais conhecimentos são: sistema solar heliocêntrico, a expansão do Universo, evolução orgânica, tempo geológico, placas tectônicas e, mais recentemente, mudança climática global. Adiciona, também, as contribuições filosóficas e metodológicas das Geociências. Como contribuição filosófica assinala o tempo geológico; um dos conceitos que tem nos ajudado a entender nosso lugar no Universo. Exemplificando com outro autor, Toulmin (1977) diz que, enquanto os homens não estavam habituados a uma

escala de tempo de milhões de anos, a ordem da natureza era fixa e estável e a criação divina do mundo era um argumento permanente em prol de sua estabilidade histórica.

Mayer (1991) assinala que, nos Estados Unidos, os métodos experimentais ocupam a principal posição no ensino fundamental e médio mas, as mais poderosas idéias sobre nós mesmos e o nosso lugar no Universo são dadas pelos métodos históricos e descritivos. Esta é uma grande contribuição metodológica das Geociências.

As Geociências, como ciências naturais, diferem da Física e Química 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 amplísimas e diversificadas, descrevendo, formulando e explicando a história do planeta através dos raciocínios históricos. No fazer científico das Geociências, a etapa de elaboração de hipóteses e os raciocínios históricos 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. Deixo bem claro isso porque foi um pressuposto fundamental para a escolha do tema.

O papel da elaboração de hipóteses eu trabalhei com meus alunos na excursão didática (e não será alvo desta pesquisa). O enfoque nesta investigação são aspectos do raciocínio histórico em Geociências. Alguns conceitos/procedimentos, como uso de analogias, raciocínios e representações com escalas gigantescas espaciais e temporais e com padrões espaço-temporais e as narrativas históricas foram testados com a pressuposição de que estes ao serem aprendidos transformam a relação cognitiva do aluno com o mundo, ampliando seus conhecimentos e introduzindo-o em um novo modo de 'ler' e explicar o mundo.

Apenas para, também, marcar o porquê da minha ênfase em pesquisar o ensino de conceitos abstratos, acrescento algumas idéias a mais. As Geociências colocam determinantes epistemológicos claros. São ciências históricas 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 fatural 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 da própria explicação em construção ou reconstrução

constante.<sup>2</sup> O primado é do pensamento e da abstração, daí a riqueza das Geociências, onde se, de um lado, é inegável o lado fatural da explicação, ou seja, os objetos concretos que 'aflorem' 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. Discutirei isso com mais detalhes no Capítulo III.

Ponto que são pouco enfocados no ensino de ciências as representações gráficas das ciências e as expressões gráficas dos alunos. É um campo fértil para experiências com novas linguagens e conceituações não apenas centradas no dominante escrito-verbal. Além disso, também é pouco enfatizada no ensino de ciências a criatividade. Segundo Hodson (1985), na prática científica, conceitos e teorias são produzidos por atos criativos de abstração e invenção; já, 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 criação do conhecimento finaliza a discussão ressaltando a criatividade: *"Agora a saída parece estar mais em como facilitar a*

---

<sup>2</sup> 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. Ensaio 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.

*produção criativa do que em fixar os critérios de provas e refutação.*" (p.35). Para Vygotsky (1990), a criatividade é uma regra na vida cotidiana, é uma condição indispensável da existência, pois tudo o que vai além dos limites da rotina, que tem algo de novo, deve-se à sua origem na criatividade. Assim, fica fácil ver a importância desta muito cedo no desenvolvimento infantil. A capacidade de dar formas, com os elementos que se têm, a uma determinada construção, de combinar o velho em uma nova união, conjunto ou até síntese, constitui o fundamento da criatividade.

Por isso, busquei, compatível com essas idéias e com os aspectos peculiares ao tema "A formação do Universo", incentivar atividades com desenho e narração.

Quando me reporte à bibliografia de Geociências<sup>3</sup> verifiquei que existiam apenas três trabalhos mais específicos sobre o tema da aula debate: de Lorenzoni (1988) que enfoca, para o ensino fundamental, o aprendizado de noções de espaço e tempo através de observações astronômicas do céu; de Doménech & Casasús (1991) que aborda a estrutura das galáxias, mas para o nível médio e o de Osborne (1991) que enfoca aspectos dos processos de formação do Universo com algumas atividades possíveis de serem realizadas na escola fundamental.

De modo geral, são encontrados poucos trabalhos de ensino em Geociências. São escassos os estudos mais aprofundados sobre a natureza do ensino-aprendizagem (Pedemonte, 1992), sobre a natureza da resolução de problemas em Geociências (Ault, 1994) e sobre a formação de professores em Geociências (Sequeiros, 1994). No entanto, cresce o número de trabalhos sobre as concepções alternativas em Geociências, mas poucos discutem as implicações pedagógicas dessas concepções (Happs, 1985; Thompson, 1986; Marques, 1988; Yus Ramos & Rebollo, 1988; e Lillo, 1992d). A maioria refere-se à identificação das concepções alternativas nos mais variados temas de Geociências. Alguns desses trabalhos que tratam de temas diversos conjuntamente, como minerais, rochas, formação de montanhas,

---

<sup>3</sup> Constatei na bibliografia que a grande maioria das pesquisas sobre eventos astronômicos refere-se a: i) a forma da Terra e suas relações com o espaço e campo gravitacional; ii) dias e noites; iii) fases da Lua; iv) as estações do ano; e v. a Terra como um corpo cósmico (Nussbaum & Novak, 1976; Nussbaum, 1979; Cohen & Kagan, 1979; Mali & Howe, 1979; Klein, 1982; Sneider & Pulos, 1983; Nussbaum & Sharoni-Dagan, 1983; Baxter, 1989; Schoon, 1992; e García-Galán, 1994). Dois autores discutem os movimentos e a relação espacial entre Sol, Terra e Lua (Jones & Lynch, 1987 e Praia & Marques, 1990). Ault (1984) refere-se a aspectos da forma da Terra e sua relação com a Lua para discutir os problemas de escala e a natureza das observações de eventos não-observáveis. Cavallini (1993) vai utilizar a forma da Terra e seu campo gravitacional para discutir no ensino de ciências uma concepção de esquemas cognitivos.

estrutura interna da Terra, vulcões, fosséis, etc (Pedrinaci, 1987; Granda Vera, 1988; Marques, 1988; Praia & Marques, 1990; e Lillo, 1994). Os demais tratam de diversos temas específicos, a saber: minerais e rochas (Happs, 1982b; Lillo, 1992b e 1992c; e Predinaci & Alvarez, 1992); solos e sua formação (Happs, 1982a e Yus Ramos & Rebollo 1992); processos externos (Jaén & De Pro, 1988; De Pro & Jaén, 1990; Lillo, 1993b; e Yus Ramos, 1994); noções do tempo geológico (Gallegos, 1992 e Pedrinaci, 1993); formação de montanhas e estrutura interna da Terra (Happs, 1982c e Lillo, 1992a e 1993a); terremotos e vulcões (Bezzi, 1989 e Ross & Shuell, 1993). Dentro dos estudos sobre a natureza do ensino-aprendizagem, começam a surgir trabalhos que investigam a construção de conceitos de Geociências pelos alunos com uma abordagem construtivista (Compiani, 1993 e 1994, Bezzi, 1995a e b).

Desses poucos trabalhos de ensino de Geociências, há uma boa parcela deles que se enquadra nas correntes que vêm insistindo numa maior ênfase nos aspectos sociais, éticos, políticos, tecnológicos e ambientais mas, sem perder de vista, a compreensão das ciências como corpos de conhecimentos sistematizados e estruturados (Solbes & Vilches, 1989; Matthews, 1994). Em Geociências, apresentam, ainda, uma abordagem muito geral e buscam a inter-relação entre processos terrestres e questões sociais, tecnológicas e ambientais (Consiglio Nazionale Delle Ricerche-Itália, 1988; Pedemonte & Bezzi, 1989; Carpenter, 1990; Compiani & Paschoale, 1990; Compiani, 1990; Mayer & Armstrong, 1990; Brooks, 1991; Mayer, 1991; Mayer et al, 1992; Alvarez et al, 1992; Mayer, 1995; e Compiani, 1995).

Se o ensino formal apenas, recentemente, cuida das interações existentes entre Ciência/Tecnologia/ Sociedade, a dinâmica da própria sociedade não. Segundo Pedemonte & Bezzi (1989), existe uma 'cultura popular' largamente difundida através da mídia, relativa às Geociências, por exemplo, sobre desastres naturais (terremotos, avalanches, escorregamentos etc), sobre o Universo (descobertas da Nasa e o telescópio Hubble) e sobre os recursos minerais (principalmente, petróleo). Isso me alertou para o fato de que o sistema educativo não é hoje o único veículo e, muitas vezes, nem sequer o mais importante, de transmissão cultural. Assim, os alunos chegam às aulas com crenças socialmente induzidas sobre numerosos fatos e fenômenos. Essa foi, também, uma das razões que me incentivou a tentar trabalhar com o tema "formação do Universo" e que me leva agora a discutir o papel dessas idéias prévias no processo de ensino-aprendizagem.

## O papel das idéias prévias na aprendizagem

De acordo com as idéias de Solis Villa (1984), sob denominações distintas -erros conceituais, esquemas alternativos (Easley & Driver, 1978), concepções alternativas (Gilbert, 1983) que refletem posições epistemológicas diferentes- existe um fato comum: os alunos não chegam como uma tábula rasa; cada um traz uma estrutura cognitiva, elaborada a partir da experiência diária, que lhe serve para explicar e prever o que ocorre ao seu entorno.

Os resultados de inúmeras investigações no ensino de ciências (Ver seleção bibliográfica de Carrascosa, 1983; Osborne & Wittrock, 1983 e Pfundt & Duit, 1991) mostram que as principais características das idéias prévias dos alunos são: i. não são em geral congruentes com os conceitos, leis e teorias científicas que os alunos têm que aprender; ii. constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo; iii. são muito resistentes à mudança; às vezes, não mudam em absoluto, inclusive depois de vários anos de contato formal com as disciplinas científicas e, quando ocorre a mudança conceitual, como resultado do ensino, pode não coincidir com o previsto pelo professor; iv. interferem na aprendizagem das ciências, sendo responsáveis, em parte, pela dificuldade que os alunos encontram nestas disciplinas e pelo seu baixo rendimento comparado com outras áreas.

Como consequência, durante os últimos vinte anos, centenas de pesquisas realizadas no ensino de ciências, têm se dedicado na investigação da origem, persistência e modificação das concepções alternativas de alunos, das mais variadas faixas etárias e, sobre os mais variados conceitos científicos. Em função disso, um outro grande número de pesquisadores tem abordado a proposição de modelos e/ou estratégias de ensino potencialmente úteis para a promoção de mudança conceitual nos alunos.

Quanto à origem das idéias prévias, várias interpretações podem ser encontradas na literatura. Para Bachelard (1978), o pensamento comum é utilitário e valoriza a finalidade dos objetos e coisas. A experiência comum imediata está obscurecida por seus traços demasiadamente gerais, bem como por suas demasiadas distinções particulares. Os conceitos formados estão marcados pelo empirismo da descoberta, de tal modo que o pensamento comum tem resposta para tudo e poucas perguntas. Para Fracalanza, Amaral & Gouveia (1987), o pensamento infantil apresenta a característica do egocentrismo e sincretismo: *"Ver o mundo centrado em si mesmo, moldado à sua imagem e semelhança e movido pela sua vontade, restrito a pequenos intervalos de tempo e espaço, seriam manifestações do egocentrismo infantil. Ver*

*a totalidade das coisas, sem distinguir, separar ou relacionar suas partes, privilegiando a aparência e o efêmero, em prejuízo do essencial e duradouro nas coisas, seriam manifestações do sincretismo infantil.*" (p.78-79) Astolfi & Develay (1990), apoiando-se nas idéias de Wallon, enfatizam o pensamento categorial das crianças, que separa as variáveis por comparação de situações naturais e por raciocínios indutivos. Gil & Carrascosa (1985) afirmam que as crianças abordam os problemas através de uma metodologia superficial, ou seja, têm a tendência a generalizar acriticamente com base em observações qualitativas sem controle. Pozo et al (1991) apontam que uma das regras habituais do raciocínio causal cotidiano dos alunos é o fato da causa estar próxima espacialmente, em contato direto com o efeito, e também as causas estão imediatamente anteriores aos efeitos.

Um ponto importante a discutir, diz respeito às diferenças de interpretação quanto às idéias prévias serem noções pré-científicas ou alternativas ao modelo científico.

Para Piaget, as idéias das crianças seriam pré-científicas, o que ele expressa bem no livro Piaget & Garcia (1984). Para estes, o sujeito em suas atividades intelectuais obedece a normas cognitivas em todos os níveis. *"O fato fundamental da epistemologia das ciências é que o sujeito, partindo de níveis muito baixos com construções pré-lógicas, chegará mais tarde à normas racionais, isomorfas àquelas que caracterizam o nascimento das ciências."* (p.12) *... "o conhecimento científico não é uma categoria nova, diferente e heterogênea com respeito às normas do pensamento pré-científico e aos mecanismos inerentes às condutas instrumentais próprias da inteligência prática. As normas científicas situam-se no prolongamento das normas do pensamento e de práticas anteriores, mas incorporando duas exigências novas: a coerência interna (do sistema total) e a verificação experimental (para as ciências não dedutivas)."* (p.31).

Segundo Toulmin (1977), Piaget, como Kant, adere à idéia de que certos padrões muito gerais de pensamento ou ação são elementos indispensáveis de toda experiência e conhecimento genuínos do mundo, ou, ao menos, de toda experiência susceptível de ser articulada em linguagem. Enfatizando mais, pode-se dizer que Piaget acredita que as formas e operações necessárias de todo pensamento pretendem ser racionais. Difere de Kant porque não acredita em uma estrutura iniludível de todo pensamento propriamente racional, mas sim, que a coerência racional completa é um destino, um ideal que os homens conquistam em aproximações sucessivas. Nesse sentido, é uma questão de grau a diferença do pensamento das crianças e povos primitivos com os adultos e sociedades avançadas. Segundo as idéias de Piaget, não temos razão para considerar os procedimentos das crianças como

primitivos ou incoerentes, ininteligíveis ou não racionais, mas sim menos coerentes, menos inteligíveis ou menos racionais que as formas maduras para as quais evoluem. Em Piaget, é inegável que as idéias prévias são pré-científicas e evoluem para as científicas.

Toulmin (op. cit.), discutindo a natureza dos conceitos cotidianos e científicos, acredita na diversidade conceitual, e afirma que a posse universal da humanidade em todos os meios sobre os conceitos, proposições e princípios detalhados de nosso esquema conceitual cotidiano, só apresenta predomínio em períodos muito limitados da história, e em certos subgrupos de toda a espécie humana. Coexistem vários sistemas paralelos de interpretação (religião, senso comum, ciências, artes, etc), diferentemente mobilizados segundo os contextos e os conteúdos.

Numa linha paralela à de Toulmin, Vickers (1979) tem defendido que a cultura geral tem distorcido dois aspectos importantes que vou considerar para o desenvolvimento deste subitem: a enganosa identificação da Ciência com a racionalidade e a exagerada dicotomia entre Ciência e não-ciência. Segundo o autor, esses dois erros constituem uma grave ameaça ao entendimento do nosso próprio processo mental, porque eles ignoram dois fatos básicos da epistemologia humana.

O primeiro fato é que o nosso conhecimento básico do mundo, dos nossos vizinhos e de nós mesmos é uma série de perspectivas baseadas na exposição de regularidades da experiência. A Ciência tem vastamente ampliado e refinado essas perspectivas, mas o que fica fora do seu alcance é, sem dúvida, a maior parte. O discurso científico é apenas umas das representações possíveis sobre o real. As teorias científicas criam um discurso que deveria guardar uma relação de 'equivalência' com o real, guardam com o real uma relação geral de representação.

O segundo fato, é que a apreciação da forma, baseada em padrões implícitos, é tão básica para a Ciência, assim como o é, também, para áreas mais amplas de nossas implícitas e explícitas suposições ou hipóteses. Isto emerge mais claramente do estudo das grandes inovações nas ciências mas, é igualmente importante e, muito mais comum, na conservação e fixação das crenças ou aceitações gerais para as suposições.

À luz das idéias de Vickers (op. cit.), o primeiro fato está ligado à predominância da racionalidade, sendo mais dependente da análise e raciocínio lógico, enquanto o segundo, sendo ligado aos raciocínios intuitivos, é mais dependente da síntese e reconhecimento de

padrões e contextos. Ambos os fatos fazem parte de qualquer ser humano e são, na verdade, dois modos indissociáveis de se conhecer uma realidade. A elaboração de uma generalização no sentido de indicar que nas idéias prévias e nos conceitos cotidianos predomina a intuição, enquanto que na Ciência predomina a racionalidade, parece ser extremamente problemática pois, os conceitos cotidianos são carregados de intuição e racionalidade, assim como os científicos. De acordo com Toulmin(1977), coexistem vários sistemas paralelos de interpretação, diferentemente mobilizados segundo os contextos e os conteúdos.

O mesmo autor aponta uma hipótese, que segundo ele próprio, necessita ser confirmada: *"nossos conceitos cotidianos -como os das Ciências estão envolvidos em uma genuína evolução conceitual, como resultado da qual nossa linguagem e nossa prática familiar se 'adaptam' progressivamente às mudanças nos objetivos e circunstâncias detalhadas da vida e atividade humanas."* (p.445). O próprio autor conclui uma argumentação em direção à confirmação: *"Os conceitos espaço-temporais, numéricos e causais cotidianos dos homens têm menos aplicações técnicas e uma maior difusão que os conceitos especializados da Ciência Natural. Como resultado disto, mudam mais lentamente. A rapidez relativa da mudança conceitual nas disciplinas científicas depende da existência de foros de competição profissional especializados e protegidos, e isto não tem nenhuma contrapartida óbvia no caso de nosso esquema conceitual cotidiano, de modo que podemos esperar mudanças mais lentas nos conceitos não especializados da vida cotidiana. Como resultado para a discussão, podemos sugerir que todos os conceitos cotidianos aparentemente invariantes, talvez, sejam só as formas intelectuais que estão protegidas mais completamente contra os efeitos das inovações e das evoluções, como resultado de sua circulação sem restrições e suas funções não especializadas."* (p.417).

De um ponto de vista pragmático, entendendo a utilização de conceitos sob um ponto de vista dos fins gerais de uma aplicação ou atividade humana, Toulmin (op. cit.) afirma que as concepções euclidianas, com as quais nós analisamos as relações espaciais para os fins normais da carpintaria e da topografia, são compatíveis com as concepções pré-euclidianas do caçador ou nômade, e com as concepções pós-euclidianas da astrofísica teórica. Isto porque, no caso da carpintaria, os problemas conceituais são escassos e raros. Então, temos ocasiões igualmente escassas para efetuar mudanças conceituais que sirvam como soluções aos problemas práticos da vida cotidiana. *"Talvez, tem sido perfeitamente racional seguir usando os conceitos correntes de 'plano' e 'reta' ou 'sujeito' e 'predicado' durante longo tempo com muita pouca mudança, mas isto não significa necessariamente que a lógica, a*

*geometria possuam seu tipo especial próprio de racionalidade, distinta daquelas que exigem mudanças muito mais rápidas nos conceitos da física teórica e biologia molecular." (p.419-420).*

Parece-me que as idéias de Toulmin e Vickers podem dar bons fundamentos à uma definição das idéias prévias como alternativas ao modelo científico do que como pré-científicas. Tal definição pode aceitar mais facilmente que os conceitos cotidianos convivam com os conceitos científicos nas explicações dos estudantes no dia-a-dia do ensino. Por isso a constatação, em vários estudos, da convivência de idéias diferentes, ou mesmo de formas de pensar diferenciadas na mente de um indivíduo.

De um ponto de vista mais lingüístico, Llorens et al (1989) apontam que na aprendizagem de ciências e, sobretudo, nos níveis mais elementares, a delimitação entre conceitos cotidianos e científicos é notavelmente difícil. Isto porque a maior parte dos conceitos possuem significados em ambos os contextos que coexistem nos alunos, alertando-nos que a construção de um conceito não pode ser entendida como um simples processo linear de generalização ou concretização. Todavia, uma grande parte da terminologia científica utilizada na escola fundamental e média procede da linguagem cotidiana, através de um processo de diferenciação e precisão semântica. Por exemplo, a palavra 'fase' e 'reductor', no contexto cotidiano, distam muito do significado científico, outras como 'equilíbrio' e 'enlace' já são mais próximas. Nos domínios científicos de maior impacto sócio-econômico ou os que são preferentemente utilizados na divulgação científica, certos termos podem passar para a linguagem cotidiana conservando mais ou menos seu significado inicial. Um caso típico é o termo 'átomo', cujas derivações 'atomístico' e 'atomizar' são correntemente empregados em contextos extra-científicos.

Vygotsky (1979) em seus estudos apresenta a hipótese de que os conceitos científicos (é a parte predominante do que define como não-espontâneos) e cotidianos (utiliza o termo espontâneos) devem diferir, tanto no seu desenvolvimento como no seu funcionamento, e que estas duas variantes do processo de gênese do conceito devem-se influenciar mutuamente. É um processo unitário e não um conflito de formas de intelecção antagônicas e, mutuamente exclusivas. Para o autor, os conceitos científicos devem possuir todos os traços peculiares ao pensamento da criança em cada nível de desenvolvimento porque estes conceitos não são adquiridos por simples rotina, antes, evoluem através de uma esforçada atividade mental por parte da criança. Por isso, afirma que a instrução é uma das principais fontes dos conceitos da

criança em idade escolar e é, também, uma poderosa força orientadora da sua evolução, determinando o destino de todo o seu desenvolvimento mental.

Se entendemos o caráter alternativo dos conceitos cotidianos e se aceitamos as idéias de Vygotsky, os conceitos cotidianos devem ser necessariamente trabalhados, em sala de aula, com igual importância aos conceitos científicos. Concordo, ainda, com a hipótese de Vygotsky de que a evolução dos conceitos científicos difere essencialmente da maneira do desenvolvimento dos conceitos cotidianos formados pela criança. Para mim, a consideração de que os conceitos cotidianos somente entendidos como ponto de partida, enquanto os conceitos científicos são compreendidos sempre como ponto de chegada no processo de ensino-aprendizagem, não leva em conta a riqueza e a complexidade da sala de aula. Tal visão não capta que tanto os conceitos cotidianos como os científicos mudam no transcorrer da instrução, pois a aprendizagem destes, passa pela incorporação de novos significados, pela evolução das interconexões entre conceitos cotidianos e científicos. Daí, o desafio colocado por Vygotsky (op. cit.) ainda é presente: descobrir a relação complexa entre a instrução e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática e teórica.

Buscando laços mais práticos entre as idéias prévias dos alunos e possíveis estratégias de ensino-aprendizagem, eu diria que um pressuposto principal (talvez o mais importante) dos trabalhos de Driver e seguidores próximos (Driver & Bell, 1986; Driver, Guesne e Tiberghien, 1989; etc) é a assunção de que existe um padrão geral nos tipos de idéias que os alunos utilizam para explicar o mundo através da linguagem. *"Provavelmente, há um padrão nos tipos de construções significativas dos estudantes originadas da experiência com o mundo físico e através da linguagem."* (Driver & Bell, 1986, p. 454). Para os autores, essa tendência geral do pensamento infantil é útil para planificar as atividades de aprendizagem. Segundo Driver & Oldham (1988), para as orientações gerais dessas atividades sugerem os seguintes passos fundamentais: tentar definir quais são as idéias prévias dos alunos em relação com o campo de saber que se ensina; examinar a evolução destas idéias e a possível existência de obstáculos na aprendizagem; esclarecer as estruturas preexistentes do aluno que deverão ser ultrapassadas, embora não esclareçam os modos dessa ultrapassagem.

No ensino de ciências as recentes correntes construtivistas, de um certo modo, pouco trabalharam com a mediação do professor no processo de construção de conhecimentos pelos alunos. Distanciaram-se da instrução, na medida em que se voltaram prioritariamente para identificar as idéias prévias dos alunos em relação a um campo específico de saber que se

ensina. Quando muito, examinam a evolução destas idéias e a possível existência de obstáculos na aprendizagem mas, poucos trabalharam com uma classe e seu professor no dia-a-dia de sala de aula. Por trás, subentende-se que com apenas um razoável entendimento dos padrões das idéias prévias dos alunos, e com a utilização de estratégias gerais para promoção de mudança conceitual, o professor atingirá o seu objetivo de promover uma efetiva aprendizagem em seus alunos.

Os limites desse ponto de vista são evidentes pois, segundo Astolfi & Develay (1990), pressupõem de maneira muito acentuada o caráter estável e invariável das idéias prévias. Como se estas fossem 'objetos naturais', preexistentes à atividade intelectual, que o observador apenas as tornaria evidentes já que, como afirmam Pozo & Carreteiro (1987): "...[elas] isto é, surgem de modo natural na mente dos alunos, sem que exista nenhuma instrução nem atividade educativa desenhada para produzi-las." (p.43).

É preciso, segundo Astolfi & Develay (op. cit.), entender que as idéias prévias são, inicialmente, estratégias cognitivas em resposta a um problema. As respostas obtidas devem estar sempre relacionadas com seu contexto de produção. Para os autores, em se tratando de educação, o contexto de aprendizagem tem alguns determinantes, entre estes, o currículo e o professor. Os problemas, na escola, serão sempre colocados pelo professor. Todos os questionários, entrevistas, etc são feitos por um professor ou pesquisador.

Ora, uma resposta dada a uma pergunta é sempre simultaneamente uma resposta ao experimentador ou professor. O aluno procura situar-se em relação às supostas expectativas deste. Para exemplificar, em Jundiá, quando da aplicação do questionário inicial, o conhecimento dos alunos sobre o novo professor (eu) era muito pouco, daí muitos responderem o que realmente pensavam (o que foi excelente para a pesquisa), enquanto outros se intimidaram, não dando asas à especulação ou à conjectura, talvez, porque associaram-me à imagem de professor que predomina nas escolas: tradicional.

Toda interpretação das idéias prévias integra os quadros conceituais do professor-experimentador. Desde o início ele tem hipóteses sobre as observações, o que implica a distinção e a seleção, dentre as produções de um aluno, dos elementos qualitativos relevantes. O quadro conceitual orientador, como Chamberlin (1931) já apontou, não pode tornar-se uma teoria dominante, ou seja, a hipótese de trabalho é um meio para a obtenção dos dados, mas

devemos ter o cuidado de usá-la de modo não abusivo e não direcionada apenas para a comprovação de nossas idéias.

Pontecorvo (1993) mostra, com base em Edwards (1990), que não é correto assumir, com presunção de objetividade e de transparência, as expressões lingüísticas das crianças, como indicadores do pensamento delas. Normalmente, trata-se de pedaços de discurso que são expostos em cena durante a aula, onde as crianças, muitas vezes, estão cimentando as idéias em um exercício de recordação orquestrado pelo professor, ou estão respondendo aos seus desejos momentâneos.

Isso posto, acho muito difícil a assunção da existência de um padrão geral nas idéias prévias, pois implicaria em uma tal objetividade que os métodos de coleta estão longe de alcançar. Além disso, se as idéias prévias são estratégias cognitivas dependentes do contexto de produção e da experiência prévia, como obter um padrão aplicável a experiências prévias e contextos tão diversos?

Julgo que, um quadro das concepções prévias deve ser entendido mais no sentido de um parâmetro importante do que de uma ampla e geral aplicação, visto que ele permite inferir certas características da estrutura conceitual do aluno e, ao mesmo tempo, pode mostrar as conceituações que o aluno faz frente a um problema. Ou seja, mostra-nos aspectos da estrutura cognitiva de um momento dado do contexto interativo.

Tudo isso nos alerta para o fato de que a construção de um conceito não pode ser estudada como um processo linear de generalização ou concretização e sim, como uma construção progressiva e, muitas vezes, conflituosa em que vários fatores interferem, determinam e constituem o próprio ato construtivo, como o próprio contexto interativo, as tramas discursivas da sala de aula e a mediação do professor.

## **A mediação do professor**

Se é o aluno quem constrói significados e atribui sentido ao que aprende e nada, nem o professor, pode substituí-lo nesta tarefa, e se é o professor que introduz o aluno na contextura cultural, então, o processo de ensino-aprendizagem parece estar totalmente mediado pela postura do professor e pela atividade mental construtiva do aluno. Concordo com Coll (1991a) que isso nos leva a um esforço de compreensão de como a dinâmica de

conceituações dos alunos está condicionada ao fato de ser produzida em interação com as atividades e os discursos escolares, em cuja configuração a intervenção do professor é decisiva. Também, concordo com Edwards & Mercer (1989), e tenho a clareza suficiente de que se trata de um processo forçosamente social e de comunicação, e tendo, como parte inerente, uma assimetria de papéis entre professor e aluno. Por mais ativo que seja o papel que se permita aos alunos desempenharem na aprendizagem, e por mais competentes que sejam os professores ao ensinarem, não devemos supor que os estudantes possam, simplesmente, reinventar essa cultura através de sua própria atividade e experiência.

Na introdução do aluno ao contexto cultural, o professor tem papel fundamental de elaborar um 'a priori' campo de validade para o conteúdo a ser ensinado e, diante do contexto de aprendizagem, saber ser flexível e constituir na própria interação o 'possível' campo de validade.

Para Astolfi & Develay (1990) e vários outros autores, existe uma profunda diferença de natureza epistemológica entre um conceito em seu meio de origem, o científico e o mesmo conceito no contexto educacional. As questões que o conceito resolve a nível científico, normalmente, no ensino, são deslocadas para outros problemas e outra rede relacional que mantém com outros conceitos. Entram em jogo um projeto de formação e exigências didáticas.

Definindo o que entendo por campo de validade, posso dizer que um primeiro nível de formulação de um conceito pode ser considerado como uma estrutura utilizável dentro de um campo de aplicação dado, ou ao menos restringido segundo um grau de evolução do conceito considerado. E não é fácil designar uma concepção como falsa ou verdadeira; uma formulação falsa nem sempre é errônea, pode ser unicamente 'relativamente falsa'.

De fato, algumas dessas concepções 'falsas', hoje, permitiram e permitem a diferentes civilizações viver e resolver numerosos problemas. Por exemplo, o modelo de fluido é suficiente para resolver todos os problemas de calorimetria, economia de energia, etc da vida diária. Desse modo, segundo Giordan & Vecchi (1988), aprender é passar de uma concepção 'falsa' a uma outra concepção algo mais ajustada, com uma ampliação de seu campo de validade. Parece lógico, pois, aceitar a idéia de que o professor possa trabalhar na construção de um conceito que sabe seja parcialmente 'falso', mas que corresponda a um modelo explicativo, que permite a quem aprende explicar certo número de fatos.

Mas não devemos entender que o limite para a ampliação do campo de validade deve ser a operatividade de um conceito, pois existe uma visão de Wallon (citado por Astolfi & Develay, op. cit.) que é a seguinte: quando se enuncia um conceito de forma mais generalizada, devemos estar atentos para o seu não distanciamento das explicações práticas, pois o conceito distancia-se da operatividade. O que está por trás dessa visão é a noção de que o que faz com que uma concepção corresponda com um conhecimento é sua utilidade, ou seja é o princípio da finalidade. Resumidamente, pode-se dizer que as construções e estruturas cognitivas têm a cada vez um fim e pelo menos são julgadas em termos de como servem ao fim elegido. O problema desse princípio é que os limites do ato interativo são dados de antemão através do propósito humano na busca de uma certa previsão e controle de determinadas experiências. Essa postura pode tornar-se altamente diretiva e ofuscar os limites que surgem e são decorrências do próprio ato de produzi-los. A extrema diretividade mata as idéias nascentes, principalmente quando elas são novas para o professor. Essa minha preocupação e a postura do professor exposta nos parágrafos anteriores vão permear todas as atividades desenvolvidas em classe.

O importante é tornar a postura do professor decisiva, mas não dominante em sala de aula. É necessário reavaliar a predominância da fala do professor em classe e a sua postura diretiva sobre os alunos, usando largamente as perguntas como estratégia comunicativa, aspecto esse também constatado por Cazden (1991). Contraditoriamente, isso ocorre até mesmo com professores ditos piagetianos, que pressupõem uma aprendizagem centrada nos alunos porque acreditam que estes aprendem melhor através de suas próprias experiências, conforme atesta o interessante trabalho de Edwards & Mercer (1989). Na verdade, como os dois autores anteriores já apontaram, um professor não se limita a proporcionar 'situações de aprendizagem' nas quais os alunos podem apenas explorar e ampliar suas concepções de realidade. A relação é mais dialética, é inclusive uma confrontação: os diálogos entre os alunos e o professor pode revelar àqueles disjunções entre suas crenças implícitas e as que oferece o professor. Para este, podem revelar alertas ou, também, disjunções em suas 'a priori' estratégias de ensino. Os alunos, convenientemente motivados, podem enfocar partes de sua visão de mundo que antes não consideravam problemáticas, e podem passar a recodificá-las e a reconstruir a compreensão que têm das mesmas. Também, o professor precisa aceitar e utilizar as contribuições, as perspectivas que o aluno traz para as tarefas, incorporando as ações, as idéias do aluno no seu modo de ensinar. Segundo Pontecorvo (1993), isso nada mais é do que

a dupla via da apropriação proposta por Leontiev e recuperada por Newman, Griffin & Cole (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. Semelhantemente, o professor apropria-se do que o aluno diz ou faz, enquanto o desloca cognitivamente para o nível solicitado pela atividade.

Vygotsky (1988) coloca um questão bastante interessante para os pensadores de sua época: ninguém nunca considerou a noção de que aquilo que uma criança pode fazer com ajuda de outros poderia ser, de alguma maneira, muito mais indicativo de seu desenvolvimento mental do que aquilo que consegue fazer sozinha. É uma questão bastante atual. Com essa premissa ele formulou a zona de desenvolvimento proximal, que *"é a distância entre nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes."* (p. 97). O autor acrescenta que o nível de desenvolvimento real é retrospectivo, expressa aquelas soluções que a criança faz de forma autônoma, enquanto que a zona de desenvolvimento proximal é prospectiva, ou seja, *"define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário."* (p. 97). Por isso, ele afirma que o bom aprendizado é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento. Essas idéias de Vygotsky e mais a sua pressuposição de que o aprendizado humano é de natureza social e especifica um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam, são fundamentações teórico-metodológicas que compartilho.

Engajar os processos de construção dos alunos com os significados coletivos culturalmente organizados, pode tornar-se possível através da adoção do que Coll (1991a) denomina de uma estratégia didática geral, de natureza construtivista, na qual o papel do professor é básico. Concordo com o referido autor de que não existe uma metodologia didática construtivista, o que há é uma estratégia didática geral de natureza construtivista, que se rege pelo princípio do ajuste da ajuda pedagógica, e que pode concretizar-se em múltiplas metodologias didáticas. Em algumas situações, o ajuste da ajuda pedagógica proporcionará ao aluno uma informação organizada e estruturada; em outras, oferecendo-lhe modelos de ação a imitar; em outras formulando indicações e opções mais ou menos detalhadas para resolver algumas tarefas; em outras, ainda, permitindo-lhe que eleja e desenvolva de forma totalmente

autônoma algumas atividades de aprendizagem. No entanto, parece-me que qualquer que seja a forma de ajuste, este sempre será instaurado através do diálogo, o que me leva a discussão das formas interativas e discursivas na sala de aula.

## **As formas interativas e discursivas**

Aceito a afirmação de Pontecorvo (1993) que, na contextura escolar, as várias disciplinas são um pensar-argumentar e, eu acrescento, 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. Também aceito que os contextos disciplinares 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 com específicos procedimentos de execução e ação. Nesta minha pesquisa, como na de Pontecorvo et al (1992), o pensamento exercitado na aula debate foi essencialmente argumentativo, e a minha postura em sala de aula foi interativa, com ênfase no discurso, na interlocução. Por quê?

Entre as pesquisas que buscam uma superação do enfoque tradicional, pode-se ver pelos estudos de Cazden (1986) e Pontecorvo et al (1992) que muitos problemas teórico-metodológicos restam para serem enfrentados. Cazden distingue duas direções de pesquisa: uma denominada processo-produto, preocupada com os meios e resultados da interação que possam ser avaliados e medidos (em outros termos, relaciona os ajustes interativos observados no transcurso das tarefas escolares com o nível de rendimento final alcançado pelos alunos nas mesmas) e outra sócio-lingüística, preocupada com as regras e os mecanismos estruturais do funcionamento da conversação que possam explicitar o resultado positivo da interação (estes estudos, em geral, descuidam das relações entre conversação e as atividades mais amplas nas quais se inserem). Mas, segundo Pontecorvo et al (op. cit.), tanto uma quanto a outra direção tem mantido a predominância da fala do professor em classe e sua postura diretiva sobre os alunos, usando largamente as perguntas como estratégia comunicativa. Ou seja, estas pesquisas identificaram como essencial no discurso em classe a tríade: pergunta do professor-resposta do aluno-comentário do professor, que é repetida quase como um ciclo que retorna sempre à iniciativa do professor.

Pontecorvo et al (op. cit.) buscam uma outra abordagem mais processual, com uma ênfase observativa do contexto 'natural' da escola, e com um interesse no que acontece quando se criam diversas situações interativas e comunicativas. Góes (1991) indica que em uma abordagem processual, estudar o comportamento em mudança não é privilegiar a seqüência de procedimentos que geram a mudança, num paradigma de sujeito passivo, nem estudar a seqüência de modos de ação do sujeito, num paradigma de sujeito apenas ativo. É focalizar, num momento dado, a relação entre o nível de capacidade do sujeito e as ações entre sujeitos que possam afetar seus conhecimentos e estratégias. É buscar, também, identificar se e como novos recursos de mediação emergem na progressão para formas mais complexas de cognição. Há, claramente, uma colocação do foco de análise para o plano social, o que implica a consideração do funcionamento do sujeito e da atuação de outros (mediação pelo outro - Góes, 1992), já que interessa a inter-ação. Smolka (1991) afirma que há uma prática pedagógica-discursiva que ganha forma e se expressa através da mediação pelo outro, e da mediação pela semiótica. Para a autora, as crianças, em geral, são constituídas/constituem-se como interlocutores/ protagonistas, e não como mera 'audiência' nos eventos. Assim, o movimento das 'interações' complexifica-se à medida que se explicitam a atividade mental conjunta e a indeterminação do discurso, ou seja, o espaço de elaboração do conhecimento amplia-se envolvendo a interlocução, a dialogia, a atividade mental (inter)intradiscursiva.

De acordo com a 'lei' da dupla formação de Vygotsky -a dialética entre o individual e o social- o sujeito não é passivo e nem apenas ativo, ele é interativo, pode-se dizer que, nas situações de ensino-aprendizagem, a progressão para uma mais complexa organização cognitiva é dependente tanto do que o sujeito já sabe sobre o assunto em discussão, quanto de ocorrências no contexto interativo (Góes, 1991). Epistemologicamente, é fundamental compreender a interação como fonte para a construção de conhecimentos. Então, uma progressão cognitiva de um conhecimento é alcançada pelas possibilidades oferecidas aos alunos de confrontarem suas idéias com os fenômenos (coisas, processos, instrumentos, etc), com as idéias de outros alunos, e com as idéias do professor.

Neste contexto sócio-interativo, a discussão, o discurso assume papel fundamental. Na visão vygotskiana, o pensamento e o raciocínio individual constroem-se através de práticas sociais de discurso: os processos interativos conduzidos publicamente pelo intercâmbio entre os indivíduos são a base para qualquer competência que possa ser interiorizada. Para Pontecorvo et al (1992), a interação que é constitutiva da construção de conhecimentos existe

na vida cotidiana, mas deveria tornar-se mais específica e contextualizada na vida escolar. Já, segundo outros estudos (Wertsch, 1985, citado por Góes, 1991), o alcance de formas complexas, mediadas de conhecimento e de cognição ocorre de modo contínuo/descontínuo, e tais mudanças podem ser interpretadas como uma crescente descontextualização de significações e/ou uma crescente independência dos significados em relação ao contexto espaço-temporal em que estes foram construídos.

Segundo Pino (1991), a articulação referida anteriormente está relacionada com os dois diferentes usos dos signos lingüísticos que Vygotsky distingue: indicar ou mostrar o objeto, que é sua função indicial, e representá-lo, que é sua função simbólica. A primeira supõe a presença do objeto que o signo lingüístico redobra; a segunda implica sua ausência, tornando-se presente através do signo, seu representante (no sentido de estar no lugar de). A primeira visa o objeto na sua individualidade (a casa significa esta casa e não outra); a segunda visa o objeto na sua generalidade (esta casa é uma casa entre outras). Ambas as funções têm que ver com os processos de contextualização/descontextualização. A contextualização (infra/extralingüística) confere aos significados das palavras uma significação concreta e particularizada. A descontextualização, ao contrário, torna os significados representantes abstratos de totalidades genéricas.

Fundamentalmente, as idéias que procurei explorar nesta parte do trabalho, são contribuições que busquei na corrente originária dos trabalhos de Vygotsky e de alguns de seus seguidores, denominada sócio-histórica. Como já citado, a favor dessa corrente, Góes (1991) afirma que o sujeito não é passivo nem apenas ativo: é interativo. Desse modo, pela assunção de que o conhecimento é construído na interação sujeito/objeto e de que essa ação do sujeito sobre o objeto é socialmente mediada, precisamos conferir à teoria uma postura 'sócio-interacionista' e, daí, não podemos deixar de lado as relações sujeito/sujeito ou a mediação do outro na interação. Tais contribuições é que embasaram muitas das decisões que tomei para desenvolver e, principalmente, para analisar o estudo de caso de Jundiá.

## O estudo de caso de Jundiaí

Eu pretendo enfatizar a compreensão que tenho da escola como um dos ambientes sociais de construção de conhecimentos e, neste contexto, compreender e melhorar o papel mediador do professor, as contribuições dos alunos e o discurso inerente da sala de aula. Para isso, a unidade básica de trabalho será a turma, entendida como um conjunto de alunos com um professor. O local físico não é o das quatro paredes, pelo contrário, trabalhos de campo, projetos e atividades extra-classes fazem parte das tarefas de uma classe.

Na pesquisa, eu vislumbrava desenvolver e focar a sala de aula como um todo e atuar nela como professor e pesquisador porque a entendo como o local principal das situações de ensino-aprendizagem. Ora, com isso, penso que estou em busca da superação dos limites dos tradicionais métodos de pesquisa, que utilizam em sua maioria técnicas estáticas de definições, de reagrupamento, de solicitações de informações sobre simples elementos, por exemplo de uma classe, ou sobre campos conceituais do ensino-aprendizagem. Para terem validade estatística, normalmente, tais técnicas particularizam e dividem o contexto de investigação sem contudo, conseguirem uma análise mais integrada das partes e detalhes. No meu modo de ver, esses métodos, por serem essencialmente estáticos e estatísticos, perdem de vista a característica dinâmica e social das interações que ocorrem nas atividades escolares de uma sala de aula, justamente o que, de algum modo, pretendi focar nesta pesquisa.

Assim, como relatado na Introdução, optei pelo estudo de caso porque, segundo Ludke & André (1986), é ótimo para ser desenvolvido em situações naturais (sala de aula, por exemplo) com um plano aberto e flexível, focalizando a realidade de forma complexa e contextualizada, buscando como produtos uma riqueza de dados descritivos e a representação mais completa (com diferentes formas de linguagens) de uma situação de pesquisa.

Segundo as autoras, levar adiante um estudo de caso exige, certamente, um arcabouço teórico, a partir do qual seja possível a abordagem dos fenômenos em seus aspectos mais relevantes e o conhecimento de várias alternativas metodológicas, de modo a compreender e interpretar a realidade de forma mais analítica, sintética e global possível. Vivenciar, descrever e interpretar um estudo de caso é uma tarefa difícil, por tratar-se de uma metodologia de pesquisa-ação, onde é fundamental descrever a experiência e relatar a própria metodologia utilizada à luz dos resultados específicos alcançados. Outra tarefa a ser enfrentada, na

complexidade da sala de aula, em meio aos diversos processos interativos sociais verbais e não verbais, é destacar aspectos conversacionais, discursivos, instrucionais e as produções não verbais dos alunos ocorridos na classe. Para isso, é necessário adotar e aprofundar algumas metodologias voltadas para facilitar a leitura, a descrição e interpretação da experiência. Nesse sentido, o mais correto é falarmos na adoção de uma abordagem qualitativa e participante ao invés de uma metodologia.

O estudo de caso foi realizado em uma classe de 5ª série do ensino fundamental, junto ao professor responsável pela disciplina de Geografia, em uma escola pública na cidade de Jundiaí-SP, durante o segundo semestre letivo de 1992. A classe era composta por 18 alunos<sup>4</sup> (faixa etária entre 10 e 12 anos) onde atuei como professor-pesquisador, tendo assumi do totalmente as lições da classe.

Nesta posição de professor-pesquisador, existem implicações diretas do investigador no processo de ação. Eu fui o agente das mudanças pretendidas de aprendizagem dos alunos a serem investigadas por mim investigadas.<sup>5</sup> É difícil fazer esta separação, pois um estudo de caso é uma sistematização da experiência dentro da qual as interpretações são criticamente manejadas com o propósito de evitar que a experiência se torne enviesada ou uma teoria do caso próprio. Paradoxalmente, muitas vezes, as interpretações apenas apontam numa direção: a da teoria dominante do autor, ou seja, os fatos e evidências que não auxiliam na justificativa das hipóteses formuladas são descartados a priori. Esse risco é maior quando ele é o pesquisador e o professor.

Acredito que diminuo o risco de ser dominado pela minha própria teoria dando margem para que as contradições e conflitos apareçam, intercalando no relato da pesquisa o meu pensamento atual e prováveis fragmentos do nosso (meu e da professora de geografia) pensamento durante a realização do estudo de caso. Eu sei que isso é difícil porque o "*nosso pensamento*", na verdade, é o meu e a minha interpretação das idéias da professora. Assim,

---

<sup>4</sup> Três alunos - Fernando, Everson e Rafael - não fizeram pelo menos duas atividades, o que tornou impossível a utilização de seus dados.

<sup>5</sup> Segundo Stenhouse (1987), a investigação em ação tem o caráter imediato da implicação do pesquisador no processo de ação, ele é o agente da mudança. O autor define-a em ato de investigação e ato substantivo. Aquele é uma ação para impulsionar uma indagação. Este é uma mudança no mundo ou em outras pessoas que se julgue como desejável. Em educação, simplificando em excesso, os atos substantivos acham-se concebidos para ajudar as pessoas a aprender.

relato a experiência tomando o cuidado de fazer e pontuar uma retrospectiva do momento da ação da investigação, mostrando as 'nossas' intuições, suposições e idéias naquele contexto.

Sobre as metodologias de análise dos dados e da redação da pesquisa propriamente dita, não encontrei um modo que expressasse as idéias e os dados da maneira dinâmica como surgem e são trabalhados na sala de aula, como surgem e são trabalhados no dia-a-dia da pesquisa. Decidi que seria melhor, enfocá-las e discutir o arcabouço teórico, as possíveis categorizações e técnicas necessárias para a descrição e interpretação dos respectivos dados no momento da própria análise. Por exemplo, para a compreensão da aula debate sobre a Formação do Universo, que ainda descreverei, foi necessário todo um arcabouço teórico, delineando um pouco melhor as interações e o discurso de uma sala de aula a ponto de, na própria análise, surgir a necessidade de um detalhamento ainda maior do discurso entre professor e alunos culminando com a elaboração de uma categorização desse discurso. Do mesmo modo, quando da interpretação das estórias dos alunos sobre a formação do Universo, precisei, de novo, aprofundar áreas do conhecimento, até então, desconhecidas por mim para poder analisar as narrações e desenhos. Assim, pontuo que é uma tarefa difícil posicionar-se sobre o quê e como selecionar a experiência vivida, já que este ato cognitivo nada mais é do que conceber a própria experiência.

Dando continuidade ao relato do estudo de caso, ao iniciar as atividades desta pesquisa, após haver escolhido a classe que trabalharia, iniciei um diálogo com os alunos com a intenção de detectar suas motivações e curiosidades no sentido de formular um temário inicial de trabalho. Surpreendentemente, a maioria deles expressou que gostaria de saber sobre a formação do Universo e da Terra, tinha curiosidades sobre o tema. Compreendi que a motivação principal para formação do Universo era, principalmente, afetiva: 'qual é a nossa origem?', e havia, também, um lado da curiosidade induzida pela mídia, que freqüentemente mostra novas descobertas sobre o buraco negro, origem das estrelas, etc. A pesquisa feita por Marques (1988) em Portugal, também indica que o tema 'formação do Universo' desperta fortemente o interesse e é motivador para os alunos, pois 60% de estudantes (10/11 anos) e 85% com 14/15 anos já haviam pensado ou se preocupado sobre a origem da Terra em algum momento de suas vidas.

Outros temas que motivavam os alunos foram: rochas, solos, minerais, petróleo, vulcões e terremotos. Rochas, minerais, solos e petróleo estavam associados às curiosidades

sobretudo do dia-a-dia (minerais e rochas são pedras? etc); e vulcões e terremotos fortemente influenciados pela mídia.

O tema 'Formação do Universo', além de ser do interesse da maioria dos alunos, continha desafios já apontados na introdução: trabalhar com o abstrato, quero dizer, trabalhar com objetos que são idéias ou modelos e realizar atividades do abstrato para o abstrato.

Assim, iniciei o semestre letivo com o tema 'Formação do Universo'. Depois trabalhamos com 'minerais e rochas' e, por fim, no tema 'o petróleo' discutimos um pouco o interior da Terra e fizemos uma excursão didática aos varritos de Itu. A minha idéia inicial era trabalhar com todos os temas desenvolvidos, porém, logo o primeiro, e certamente o mais difícil tema, foi se agigantando, as idéias frutificando e, enfim, esta pesquisa aborda somente o tema 'Formação do Universo'.

### **Por que o tema 'Formação do Universo'?**

O tema era excitante do ponto de vista teórico-prático, ele abria um leque de opções de trabalho com aspectos quase sempre deixadas de lado ou pouco enfocados nesse nível escolar. Dentro desse leque eu resolvi focar alguns, tais como: o raciocínio e a representação espacial, a narrativa sucessiva-causal e os raciocínios de causalidade envolvidos nos discursos históricos, a existência de padrões espaço-temporais para vários desses fenômenos naturais e a não existência de manipulações, experiências e observações diretas para a interpretação de muitos desses fenômenos. Penso que a problemática na maioria das vezes é invertida, quando tais aspectos são colocados como deficiências dos alunos e nunca vistos sobre um outro prisma: o de serem propiciados e desenvolvidos pelo ensino.

O tema oferecia oportunidades para trabalhar com conceitos não acessíveis à observação direta dos alunos, o que abria amplas possibilidades para enfrentar a assunção de que a aprendizagem de ciências, para níveis elementares, somente pode ser realizada com êxito através de experiências manipulativas. É minha intenção demonstrar que esta assunção é falaciosa. Osborne (1991) pensa de maneira igual e ele afirma que, ao trabalharmos os temas da astronomia, há uma oportunidade para realizarmos trabalhos práticos não usuais que enfatizam a observação e a construção de modelos. O tema 'formação do Universo'

proporcionou trabalhos, essencialmente, com idéias abstratas e modelações, pouco enfatizados, ao meu ver, no ensino de Ciências.

A visão predominante é de enfatizar os sentidos, de partir sempre do concreto para o abstrato, do conhecimento direto (sensorial-observável) para as abstrações. Por que não começar do não-observável? O grande salto para o conhecimento científico é o abandono da prova sensorial. Todos os processos de formação do Universo são 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, naquela visão o problema reside 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. 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 esses 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."*

Também, ao abordarmos o tema 'formação do Universo', teríamos amplas possibilidades para demonstrar o quanto é falaciosa a assunção de que o reconhecimento de uma transformação geológica é extremamente limitado de ser realizado pelos alunos da escola fundamental, devido à incompatibilidade da escala espaço-temporal com o nosso aparato perceptivo-interpretador, ou seja, os sensores humanos (tato, visão, etc) estão muito aquém de captar escalas tão gigantescas, necessitando de raciocínios mais complexos. Pedemonte (1992) afirma, inclusive, que até a percepção *"intuitiva"* dos fenômenos fica além das possibilidades dos alunos (p. 583).

Sobre essa discussão, a contribuição de Paschoale (1988a) é decisiva. Por isso, desenvolverei as minhas idéias com base nas suas. Sem dúvida, o problema de compatibilidade espaço-temporal aludido é relevante, mas não podemos concluir que o estudo dos fenômenos geológicos seja impossível ou extremamente limitado, admitindo a impossibilidade de qualquer percepção-interpretação destes fenômenos por parte de crianças. Para um modelo de conhecimento que reinvidica a simples descoberta e constatação de evidências e processos (que implica um papel passivo para a mente), sem dúvida, a Geologia quase não tem recursos, pois não há acesso direto à maioria dos processos geológicos.

Mas, não podemos admitir que a intervenção da mente humana na percepção-interpretação de um fenômeno seja 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 já citada compatibilidade de escala. Nossos sentidos não passariam de 'janelas' para o mundo exterior.

Vários autores (Kuhn, 1978; Piaget, 1973 e 1983; Arnheim, 1980; entre outros), através de suas pesquisas, deram-nos material suficiente para afirmar que não se sustenta a noção de uma mente passiva, que apenas recebe perceptos do meio e interpreta-os no sentido

de resgatar os fatos que os geraram. Dessa forma, o problema aludido anteriormente assume outro contorno: a questão da compatibilidade da escala espaço-temporal enquadra-se na possibilidade da mente exercer esse papel ativo. A questão da escala está subordinada ao papel ativo da mente que conhece, e não o contrário.

Nós sabemos pelos estudos de por exemplo Pozo et al (1991), que uma das regras habituais do raciocínio causal cotidiano dos alunos é a contigüidade 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 também, entre adultos universitários.

Para enfrentar os aspectos apontados por Pozo et al (op. cit.) que estão diretamente conectados com a dificuldade de se trabalhar com as gigantescas escalas espaciais e temporais e a observação indireta de vários dos fenômenos naturais tratados pelas Geociências, 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. Ora, como alcançar raciocínios mais complexos? Não é por saltos. Não é admitindo que só a partir de uma certa idade, após atingirem o raciocínio formal, é que poderemos iniciar a exercitação de certas conceituações mais complexas, modelações, etc, ou seja, passarmos subitamente para a lógica das ciências, para os conceitos científicos.

Penso que o tema 'a formação do Universo' nos dá farto material para desenvolver a idéia de que o padrão espaço-temporal de dimensões mais amplas, as narrativas causais e históricas, o tratamento dos fenômenos não observados diretamente e não reproduzíveis em laboratório, não só sejam possíveis de tratamento na escola fundamental como também sejam importantes na formação das crianças porque podem desenvolver a capacidade de abstração, o raciocínio espacial e a perspectiva mais relacional.

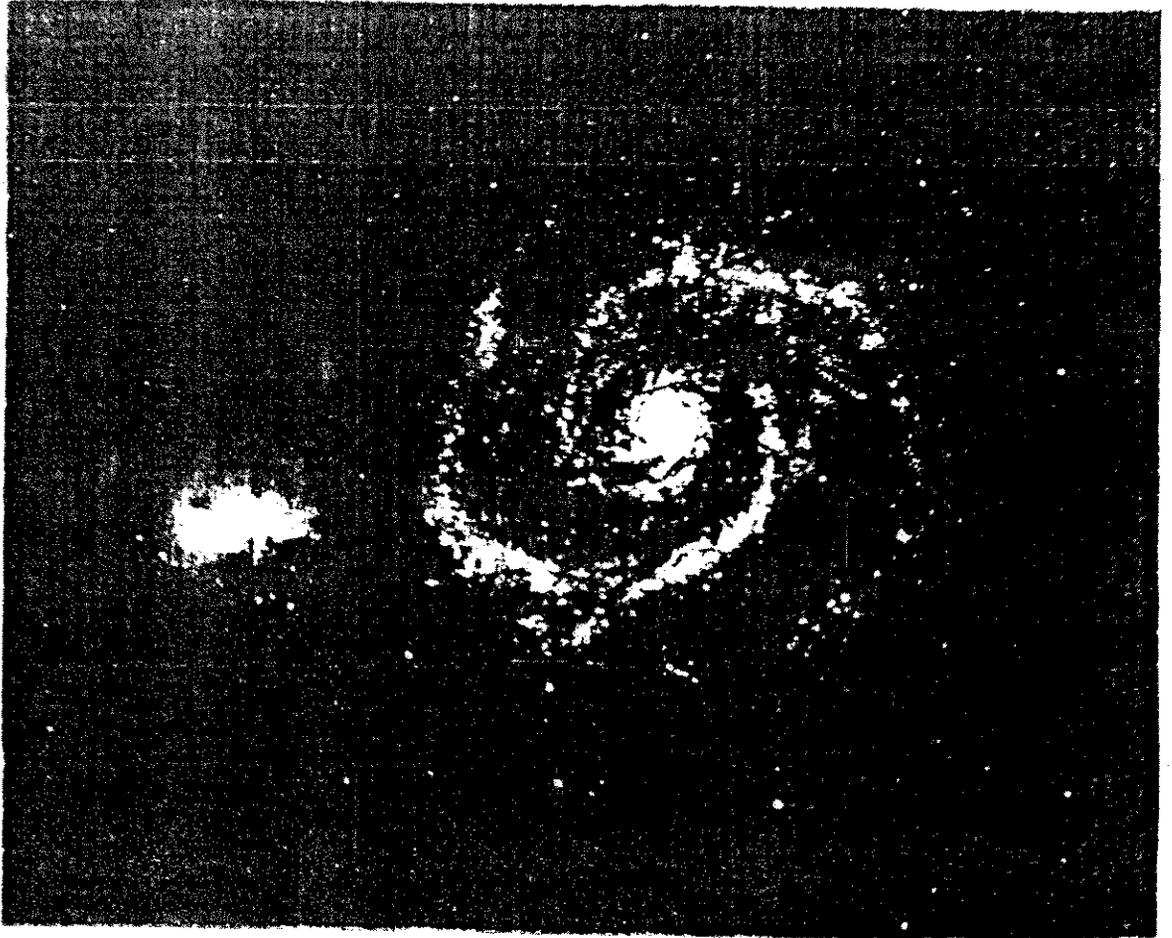
## As atividades desenvolvidas

Eu e a professora de geografia havíamos discutido que seria importante levar em conta as idéias dos alunos para preparar as atividades do tema Formação do Universo. Assim, foram desenvolvidas as seguintes etapas de trabalho e de coleta de dados: 1-questionário inicial para identificação das idéias prévias dos alunos sobre o tema, que foi aplicado na primeira hora da aula inicial; 2-trabalho em grupo dos alunos sobre suas respostas aos questionários, que foi realizado na outra uma hora restante da primeira aula (os próprios questionários foram devolvidos aos alunos, após uma rápida leitura minha e, claro, depois recolhidos de novo para a preparação da aula debate); 3-aula debate com os alunos sobre suas respostas aos questionários, que ocupou toda as duas horas da segunda aula, e tendo sido preciso mais meia hora da disciplina seguinte; 4-atividade prática (narração e desenho): 'a história da formação do Universo', que foi realizada na 3ª aula. 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', que foi realizada na 4ª aula; e 6-avaliação final do tema realizada através de um questionário aplicado na 5ª aula. Além disso, no período entre as 3ª e 5ª aulas, realizei entrevistas individuais com doze alunos para obter suas opiniões sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido.

A elaboração das atividades foi realizada por mim, com a concordância da professora de geografia. Fazíamos uma hora de reunião preparatória antes de cada aula, e meia hora de avaliação após as aulas. Na sala de aula, as lições foram ministradas por mim e a professora de geografia atuou como observadora. Ela participou de todas as aulas e, principalmente, na aula debate, em alguns momentos, dividiu a coordenação comigo. As perguntas do questionário de avaliação final do tema foram propostas por ela e eu apenas fiz algumas observações de detalhes, pois concordei em linhas gerais com o teor das mesmas. Todo o trabalho de pesquisa restante, eu fiz sem ter mais nenhum contato com a professora de geografia.

## Capítulo II

### Aula debate: "A formação do Universo"



Retomo o meu principal objetivo com a aula debate que é compreender o papel mediador do professor para a construção, pelos alunos, de conceitos abstratos referente ao tema de estudo. Para isso, é importante apresentar tanto os procedimentos de argumentação e os conteúdos colocados em jogo pelo professor e os estudantes durante a aula, quanto tentar mostrar a minha interpretação da evolução conceitual através da análise da 'construção coletiva' de um modelo mais ou menos estruturado e articulado do tema "A formação do Universo".

Antes de descrever a aula, será necessário continuar e aprofundar um pouco mais as minhas premissas e os referenciais teóricos para uma melhor compreensão da própria análise que irei fazer. Também para focar de modo correto a aula debate, é necessário discorrer sobre as duas atividades antecessoras a ela: o questionário e o trabalho de grupo referente às respostas deste, o que farei após a discussão teórica que inicio.

É bonito fazer esta pesquisa porque mostra a complexidade da interação em sala de aula. Um dos méritos é mostrar que a mediação do professor nem sempre é positiva ou que, muitas vezes, ele tem que ser drástico e decidir rapidamente. Muitas dessas decisões nem sempre são racionalizadas; no momento de tomá-las, são tácitas e, às vezes, também intuitivas. Agora, como pesquisador, estou racionalizando-as. Eu estou vivendo dois momentos (papéis) integrados, mas substancialmente diferentes: do professor e do pesquisador. Como pesquisador, pretendo deixar claro a patente atuação e controle do professor sobre o discurso e o conteúdo em classe. A aula é fundamental para explicitar a questão conceitual: o que avançou nas idéias dos alunos e qual foi o papel do professor nisso. É necessário mostrar o que o professor fez, como por exemplo, os momentos onde ele está sistematizando, contrapondo, retomando, explicitando, discriminando, etc, bem como o que ele não fez. Tudo isso mostra o quanto o professor é fundamental nesse processo. Porém, para que fique mais visível a mediação do professor, penso que será necessário aprofundar, na medida do possível, as formas interativas e o discurso em uma sala de aula.

## **O discurso em sala de aula**

Irei tratar da interação em classe e, com mais cuidado, tratarei do contexto de uma aula debate com a classe toda sobre o tema "A formação do Universo". Da interação social

ocorrida na aula, tenho dados e instrumentos para trabalhar apenas a interação verbal, o que chamarei também de discussão e conversação.

Foi um trabalho bastante rico descrever e interpretar a aula e o passo inicial disso foi a definição de uma metodologia de análise. Os trabalhos que foram significativos para essa minha definição aparecerão citados ao longo da própria discussão.

Na aula debate ocorrida, eu verifiquei num primeiro momento o que, na falta de outra designação, chamarei de formas interativas mais gerais do debate. Uma dessas formas são os acordos e desacordos, que Orsolini (1992) utiliza como duas categorias de análise do discurso em classe: concordâncias e discordâncias. Eu prefiro uma utilização mais geral e penso que a meu favor estão as seguintes idéias de Bakhtin (1981, p.107) que diz: *"em toda enunciação efetiva, seja qual for sua forma, contém sempre, com maior ou menor nitidez, a indicação de um acordo ou de um desacordo com alguma coisa."* Ainda, as réplicas de um diálogo são um exemplo clássico de que os contextos possíveis de uma única e mesma palavra são freqüentemente opostos. O autor continua: os contextos não estão justapostos, como se fossem indiferentes uns aos outros; encontram-se numa situação de interação e de conflito tenso e ininterrupto.

As concordâncias, normalmente, ocorrem quando a informação solicitada ou introduzida por uma fala antecedente é continuada e elaborada com acréscimo de informações, ou quando a resposta a uma solicitação de informações, contraposição, problematização, etc, por parte do professor ou do aluno, vem elaborada com acréscimo de informações.

Outra forma interativa mais geral, são as recontextualizações que, para Edwards & Mercer (1989), seriam o cerne da educação porque o melhor modo de descrevê-las seria o de um processo de comunicação consistente, em grande medida, no desenvolvimento de contextos mentais e termos de referência compartilhados através dos quais os diversos discursos educacionais (os diversos temas e as atitudes acadêmicas relacionadas a eles) chegam a serem inteligíveis para quem os utilizam. Eu gostaria de utilizar a definição dos autores sobre o termo contexto: *"utilizamos o termo a todo o que os participantes em uma conversação conhecem e compreendem (por sobre o que há de explícito enquanto dizem) que os ajuda a dar sentido ao que se disse."* (p.78). Nesse mesmo sentido, podemos contar com as idéias de Cazden (1991) com base em Anderson (1977) que também nos auxiliam no entendimento do movimento de recontextualização. Para eles, a linguagem de um texto é abstrata e descontextualizada e, para a compreensão do texto, o pensamento que o segue é também essencialmente abstrato e o

leitor deve, em grande medida, basear-se na memória e desenhar as cenas no próprio pensamento e daí concluir: se o texto está descontextualizado, então poderíamos afirmar que o processo de sua compreensão é uma recontextualização. Para Cazden (op. cit.), é necessário ter claro isso, pois um dos maiores problemas da linguagem escolar não é sempre buscarmos as referências para uma elaboração compartilhada em contextos físicos, mas sim, em referências muito mais frequentes (porque são inerentes à própria textura escolar) a outra classe de contexto: as palavras que formam os textos orais e escritos. Acrescento que, em se tratando de temas de Geociências, as referências precisam ser buscadas também na linguagem visual: representação espacial e representações gráficas.

Eu aprofundi um pouco mais a análise da aula debate e encontrei, pelo menos, 5 tipos de formas interativas e de discurso não tão gerais como as concordâncias/discordâncias e as recontextualizações, porém, também de caráter geral, que são as seguintes: discurso IRA, discurso implícito e pressuposto, discurso opositivo-argumentativo, negociação de significados e criação de estruturas de suporte.<sup>6</sup>

O **discurso IRA**, que para Cazden (op. cit.) é predominante na sala de aula, é a introdução de perguntas (I) por parte do professor com as respostas já conhecidas por ele e, de fato, respondidas (R) pelos alunos e posterior comentário avaliativo (A) do professor, assegurando a clareza das idéias e que sejam compreendidas de maneira conjunta.

O **discurso implícito e pressuposto** que, de acordo com Edwards & Mercer (1989), o professor frequentemente utiliza para introduzir certos pontos de conhecimento, pressupondo que se deve aceitá-lo sem reservas, como algo entendido que não está submetido a nenhum gênero de discussão ou desacordo.

---

<sup>6</sup> Essas formas estão diretamente ligadas ao contexto escolar e muitas delas pode-se dizer que são específicas e, segundo Cazden (1991), algumas predominam. Pode-se encontrar paralelos entre estas formas interativas da sala de aula com o discurso entre adulto e criança na transmissão de conhecimentos que estão sendo investigados recentemente por várias pesquisas inspiradas nas idéias vygotkianas. Todas estas pesquisas enfocam a interação entre um experiente, versado (professor, pai) e um não experiente (criança) como o meio privilegiado de prática de ensino-aprendizagem. Vygotsky (1979) via o diálogo como processos de reflexão e consciência que permitiriam a mediação entre os conceitos espontâneos (cotidianos) e os científicos; Wertsch, Minick & Arns (1984) citado por Pontecorvo et al (1992) vêem o diálogo como manifestação dos processos de negociação do significado de objetos e situações; e Bruner & Haste (1990) vêem o discurso como criação de estrutura de suporte (*scaffolding*), como negociação de significados e como transferência das representações culturais.

O **discurso opositivo-argumentativo** que, segundo Pontecorvo (1992), é iniciado por um desacordo entre os alunos o qual o professor apenas coordena o bom andamento das oposições. O início usualmente é através de uma pergunta polêmica originada pela postura cética de certos alunos que não se satisfazem com as respostas em pauta. O aspecto interessante é que esta forma propicia um argumentar mais aprofundado e produz uma análise mais acurada do problema em discussão.

A **negociação de significados** é gerada quando surge um desacordo entre os alunos e o professor que exige deste um posicionamento no conflito. Os alunos, por terem argumentos sólidos ou dúvidas bem delimitadas, estão exigindo uma negociação de significados porque os levantados pelo professor não os estão convencendo. Acredito que essa minha definição de negociação de significados na sala de aula esteja contemplada pela noção mais ampla sobre o assunto dada por Bruner & Haste (1990) e de Wertsch, Minick & Arns (1984).

Sobre as **estruturas de Suporte (scaffolding)** indicado por Bruner & Haste (op. cit.), pode-se dizer que é aprendizagem de um procedimento ou sistema conceitual sob a tutela de um indivíduo mais competente até que o aprendiz chegue a controlar por si mesmo o processo que está sendo ensinado. É fácil de ser demonstrado quando se trata essencialmente de procedimentos, tais como: copiar um modelo, completar um quebra cabeças, um aprender ritualizado. Mas, torna-se mais sofisticado e complexo, como um suporte lógico a ser introduzido para a resolução de um problema. Por exemplo, como discutirei bem mais à frente, a introdução do modelo de formação do Universo para construir, num primeiro momento, a compreensão do papel da atração gravitacional, para mim pode ser entendido como um suporte lógico.

Além dessas formas interativas mais gerais, eu também senti necessidade, para entender o meu papel como professor, de especificar um pouco mais o meu discurso e o dos alunos em sala. Assim, eu levei adiante todo um trabalho de levantar categorias de análise do discurso entre professor-aluno, aluno-aluno na aula debate sobre "A formação do Universo". Buscando decifrar e verificar a evolução conceitual dos alunos sobre o tema, pontuo na análise estratégias ou 'maneiras' de argumentação relacionadas à aprendizagem de um conhecimento específico.

Desse modo, busquei elaborar algum tipo de categorização de formas de discurso mais específicas ocorridas na aula. Será uma lista de caráter qualitativo, excluindo qualquer forma de hierarquia ou ordem. Será útil para mostrar a riqueza da interação verbal na sala e o quanto é determinante tal interação para as construções dos alunos. A seguir, passarei a discutir a elaboração das categorias, posteriormente a própria aula e, por último, discutirei as construções dos alunos.

### **Elaborando categorias**

Fui à busca na literatura de indicadores para descrever e interpretar melhor a aula. A construção da interpretação da aula debate foi um trabalho de duas vias, eu li muito a aula e busquei muito apoio na literatura para continuar a elaborar um procedimento de análise.

Segundo Pontecorvo et al (1992), muitos estudos sócio-lingüísticos que se preocupam com padrões ou formas recorrentes manifestas entre participantes de um discurso, não podem analisá-las segundo a noção de coerência e coesão, típicos de monólogos e textos escritos. Como padrões ou formas tipicamente interativas, é necessário um outro enfoque metodológico de análise. Parecem-me interessantes as duas dimensões de análise propostas pelas autoras: **desenvolvimento e pertinência**.

O desenvolvimento manifesta-se na existência de um 'fio condutor' do raciocínio no passar de um à outro interlocutor, fazendo coletivamente avançar a discussão e o não-desenvolvimento quando a discussão se torna um círculo vicioso ou ocorre um bloqueamento coletivo do assunto. A dimensão de pertinência permite acompanhar: se o discurso está progredindo ou não de acordo com o tema em discussão, se não houve nenhum desvio mais ou menos importante do objeto principal em estudo, desvio este que pode ser caracterizado no plano do desenvolvimento, mas não ser pertinente. A pertinência pode ser analisada com mais detalhes já que, dentro de um tema, poderíamos desenvolver problemas mais específicos e a pertinência passaria a ser, então, em relação a estes problemas que estão interligados ao tema mais geral. Segundo as autoras, as categorias de não-desenvolvimento são: repetir, reconfirmar, referir-se a uma experiência pessoal. Já as categorias do desenvolvimento são: problematizar, colocar elementos novos, fazer relações, delimitar, opor-se com razão, compor relações de nível mais alto, generalizar e reestruturar. Quando é pertinente e desenvolvido, um discurso explicita seu aspecto evolutivo que progride para a resolução do problema em pauta.

Indico que não utilizarei as mesmas categorias das autoras e, sim nelas me inspirando, criarei algumas muito semelhantes, outras diferentes e desconsiderarei outras. Acredito que com as minhas categorias que serão delineadas mais à frente ficarão claras as diferenças e semelhanças.

É importante apontar que a noção de 'zona de desenvolvimento proximal' proposta por Vygotsky (1988) apresenta duas importantes propriedades para a análise da pertinência e desenvolvimento. Primeira: grande parte da aquisição cultural ocorre no contexto de uma direção por parte de alguém mais competente. Segunda: ocorre a interiorização, na qual o produto final da aprendizagem é um indivíduo mais competente, capacitado para realizar só, ou em novos contextos, atividades e conceituações que apenas fazia com a ajuda do professor. Enfim, o aluno compartilha responsabilidades com um adulto na solução de problemas.

Eu já disse que a escola vai passo a passo construindo termos de referência compartilhados através dos diversos discursos educacionais. Como Pontecorvo (1993) já indicou, é necessário entender o contexto escolar como local de práticas específicas de discursos, isto é, específicas modalidades de explicações e de raciocínios, usos diferentes de dados, de analogias, de leis e de princípios gerais, etc. Por isso, pelo menos dois aspectos são importantes para construir uma metodologia interativa adequada aos diversos conteúdos disciplinares: a epistemologia da disciplina e a prática social de estudo, de trabalho e de discurso que caracteriza tal conteúdo disciplinar, seja em seu uso pelo homem comum, seja pela comunidade científica.

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. Assim, na Geologia, poderei falar de um discurso-raciocínio geológico que faz parte dos discursos-raciocínios das Geociências. Nesta pesquisa, ao ensinar Geociências serão importantes, entre outros discursos, o histórico e o narrativo.

O discurso histórico dos geocientistas visa explicar como ocorreu um evento do passado da Terra através de 'marcas' observáveis do evento, que supomos ser evidências ligadas aos processos ocorridos. Ou seja, partimos dos produtos, dos efeitos de um acontecimento para buscar as suas causas. É essa racionalidade do efeito para a causa que buscaremos exercitar com esses alunos.

Sobre o discurso narrativo, assinalo algumas idéias que utilizei dos 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. A mim, interessa as idéias sobre a narração. 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 e o narrativo causal, quando um determinado evento é relacionado a fatos, estabelecendo-se relações de causa e efeito de implicações lógicas e não apenas cronológicas. Claro, um discurso pode conter as duas características e assim, ser narrativo sucessivo-causal. É essa noção de sucessão no tempo e de implicações causais de um evento que pretendemos exercitar um pouco com esses alunos.

Caminhando um pouco mais, é necessária a definição de uma unidade base de análise. Terei que escolher entre o significado da palavra usado por Vygotsky (1979), o turno e a seqüência interativa utilizados por Pontecorvo et al (1992), a unidade discursiva (Garrido, 1993), ou todas as anteriores, ou uma mistura de algumas delas.

Para Vygotsky (op. cit.), o significado da palavra contém o pensamento e a linguagem inter-relacionados. A concepção do significado das palavras como unidade simultânea do pensamento generalizante e do intercâmbio social é de um valor incalculável. A criança apreende as relações externas entre o objeto e a palavra antes de perceber a relação interna signo-referente. A ligação entre a palavra e o objeto não conduz imediatamente a uma consciência clara da relação simbólica entre o signo e o referente, isto porque a palavra surge para a criança mais como um atributo ou propriedade do objeto do que como um signo.

Por isso, para o autor, apesar da familiarização com as palavras, as crianças só poderão compreender certos pensamentos quando construírem o conceito que lhes dá a compreensão das palavras. Um novo signo é precedido por um período de aprendizagem durante o qual a criança vai dominando progressivamente a estrutura externa do signo. De forma correspondente, só ao operar com as palavras, que começou a conceber como uma propriedade dos objetos, a criança descobre e consolida a sua função como signo. Em suma, na gênese do conceito, o signo mediador é a palavra, que a princípio desempenha o papel de meio de formação de um conceito, transformando-se mais tarde em símbolo.

Porém, de acordo com Bakhtin, citado por Smolka (1992, p.333), "*entre a palavra e o seu objeto, entre a palavra e o sujeito falante, existe um meio elástico do outro*". Ainda, "*uma palavra forma o conceito de seu objeto de uma forma dialógica*".

É preciso entender que o significado da palavra é, ao mesmo tempo, material internalizado e recurso/fonte de mediação, mas utilizá-la como unidade base de análise parece que não satisfaz, pois, segundo Pino (1992), a natureza da significação acontece no próprio ato comunicativo, qualquer que seja a forma deste, mesmo tratando-se do significado das palavras (as zonas mais estáveis da significação) em função da subjetividade de cada um dos agentes do processo de comunicação. Isto porque, de acordo com Pino: primeiro, tanto as interações sujeito/objeto -relações epistemológicas- quanto as interações sujeito/sujeito -relações eminentemente comunicativas- não são nem diretas e nem imediatas, mas mediatizadas por instrumentos semióticos; segundo, estes instrumentos (os signos) cumprem a função mediadora através da significação, não do significante e nem do referente. É óbvio que não entrarei nesta discussão mais semiótica, porém dela extraio que não basta o significado da palavra. Como Smolka (1992) indicou, apesar do pressuposto básico de que o significado emerge na interação social, Vygotsky não chegou a analisar a produção de significação e a circulação de sentidos nas relações dialógicas.

O significado emerge na/da interação social, todavia precisamos de uma unidade base de análise que expresse um pouco melhor este movimento da interação, da forma dialógica. Constatei a existência de uma profunda discussão entre os psicólogos sobre qual seria a unidade de análise no quadro teórico de Vygotsky. Alguns propõem o significado da palavra e a ação, já Smolka (1992) propõe o 'significado da ação humana em seu processo de produção'. Também não entrarei por esta discussão mais psicológica; é importante reter dela que a palavra em função do interlocutor e do contexto tem uma importância muito grande.

Assim, Bakhtin (1981, p. 113) frisa que toda palavra comporta duas faces. Ela é determinada tanto pelo fato de que procede de alguém, como pelo fato de que se dirige para alguém. Ela constitui justamente *o produto da interação do locutor e do ouvinte*; toda palavra serve de expressão a *um* em relação ao *outro* (grifos do autor). A palavra é o território comum do locutor e do interlocutor. A situação e os participantes mais imediatos determinam a forma e o estilo ocasionais da expressão, dos enunciados. Os enunciados como produtos da interação verbal jamais poderão ser entendidos e explicados fora desse vínculo com a situação concreta.

É necessário dizer que o diálogo, no sentido estrito do termo, constitui uma das formas das mais importantes da interação verbal. Mas, pode-se compreender a palavra 'diálogo' num sentido mais amplo como toda comunicação verbal, de qualquer tipo. Por exemplo, o livro, o ato da fala impresso é feito para ser apreendido de maneira ativa; o discurso escrito responde a alguma coisa, refuta, confirma, antecipa as respostas e objeções potenciais, procura apoio, etc. É uma forma argumentativa de raciocínio impressa.

A análise de um diálogo parte da premissa de que existe uma estrutura organizativa que é utilizada para regular qualquer conversação, assim a unidade base seria o turno (Pontecorvo et al, 1992), no qual a fala de um vincula, em certa medida, a fala seguinte. O turno seria uma unidade discursiva (Garrido, 1993): tudo aquilo que um sujeito falou até ser interrompido por outro ou tudo aquilo que disse até formular uma pergunta a seus interlocutores. Nos diálogos, o importante é de quem é a voz e esta sinaliza o início dos turnos.

Parece-me ótimo, para captar o movimento da interação verbal, a idéia de seqüência interativa trabalhada por Pontecorvo et al (1992), que seria formada por turnos com uma expectativa e previsibilidade maior de seu desenvolvimento e pertinência. Para isso, é importante que o conteúdo semântico projetado pelo ato comunicativo e pelas formas de argumentação, ao menos, seja parcialmente processado pelos participantes. Desse modo, através das seqüências interativas pode-se vislumbrar o desenvolvimento conceitual de um discurso em sala de aula.

Definido que utilizarei os turnos e as seqüências interativas para a análise de discurso, é fundamental partir para a categorização. As categorias, que estão apresentadas nas páginas seguintes, referem-se aos procedimentos ou maneiras argumentativas da sala de aula. Logo, no primeiro parágrafo, eu indiquei que a análise do discurso da aula debate relacionaria procedimentos argumentativos e os conteúdos. As falas na aula não serão analisadas como estrutura lingüística, mas quanto ao seu conteúdo (aquilo de que falam os indivíduos) e a sua estruturação (quem fala à quem). O conteúdo diz respeito ao campo epistemológico, mais especificadamente ao tema "A formação do Universo". A estruturação diz respeito ao campo argumentativo. Essa minha opção foi sustentada pelos estudos de Edwards & Mercer (1989). É arbitrária essa divisão, mas é o modo mais claro que encontrei para analisar o discurso de uma aula de Geociências

Avançando, espero estar deixando claro o movimento de elaboração da análise da aula debate que culminou com nesse momento a necessidade de elaboração das categorias. Eu não as fiz de pronto e enquadrei a aula, mas sim, parti de uma primeira categorização e verifiquei que vários turnos necessitavam de novas categorias. As várias leituras da transcrição da aula debate apontavam-me que, para a elaboração da categorização, dentre os autores que já venho dialogando, Edwards & Mercer (op. cit.) e Orsolini (1992) trariam contribuições específicas bem úteis. A seguir, passarei a expor simplificada e como elaborei a categorização.

Em Orsolini (op. cit.) inspirei-me para formular a categoria de **solicitação de informações**. Isto porque, num debate, é natural que os interlocutores interfiram de modo decisivo no rumo dos diálogos solicitando esclarecimentos e explicações. A **clarificação** é solicitada quando as idéias foram expostas, mas não estão claras e a **explicação** é solicitada quando faltam as idéias que explicam. Se na categorização de Orsolini estes procedimentos eram exclusivos do discurso do professor, na minha fazem parte de ambas as partes da interação.

A categoria de **fornecimento de informações** foi inspirada em Edwards & Mercer (op. cit.) e dentro dela existem várias posturas desde a **exposição direta** de uma informação até a postura mais indutiva de **fornecimento de pistas**; nesta o professor vai passo a passo acompanhando as respostas dos alunos e fornecendo elementos (pistas) para que eles cheguem ao raciocínio por ele traçado de antemão; naquela ele fornece de modo direto uma informação que julga importante para a resolução do problema em pauta. Outra postura que fica no meio termo das duas anteriores é o **remodelamento**. O professor vai costurando os diálogos, preenchendo lacunas de um lado, omitindo informações de outro lado e, assim, aos poucos, vai remodelando uma idéia em discussão deixando-a mais nítida, precisa e próxima de seu significado científico. O preenchimento de lacuna ocorre quando o professor se utiliza de uma informação dada, mas que está incompleta ou imprecisa, para introduzir aspectos que faltam ou precisar certos termos do assunto aproximando-os da visão científica.

A idéia de **reespelhamento**, retirei de Orsolini (op. cit.) e é, sem dúvida, um dos discursos intencionais do professor. Como poder-se-á ver no exemplo da seqüência interativa à frente, o reespelhar na maioria das vezes não modifica nenhuma das palavras ditas pelos alunos, mas é o reespelhar pelo professor através da postura, do tom, do espaçamento, da vírgula, da ênfase. É o professor falando para a classe toda com a entonação diferenciada, com

a 'autoridade' legitimando a idéia do aluno. Acredito, como a autora, que através do reespelhar do professor é comunicado aos participantes um esforço de compreensão que encoraja o prosseguimento do discurso, além das crianças captarem rapidamente que as idéias precedentes são importantes. O reespelhar pode ser apenas um gesto do professor apontando para a última fala, dependendo da trama discursiva e, rapidamente, os alunos entendem a legitimação dada pelo gesto.

A categoria de **problematização** indica a intencionalidade, normalmente, do professor para iniciar, instigar e provocar momentos de procura de respostas para um problema colocado, visando a elaboração de generalizações mas, muitas vezes, os alunos fazem perguntas que são verdadeiras problematizações, como a pergunta do Alex ("*Mas, nunca acaba?*") que poderá ser vista na seqüência exemplo mais a frente. Dentro das problematizações, incluí as **contraposições** que são realizadas principalmente pelo professor, visando realçar uma contradição ou instalar um conflito que julga importante para o desenvolvimento da aula. Por exemplo: "*Você acha que o exemplo do Sol é semelhante ao das bexigas?*", evidencia uma comparação, que realça uma eventual diferença de idéias.

A **reestruturação** visa a reorganização ou sistematização das idéias em discussão até um certo ponto. Muitas vezes, é uma das etapas de um construir passo a passo, outras vezes, é uma finalização parcial e, algumas vezes, é uma sistematização final e possível sobre o assunto. Como uma reestruturação própria, a **recapitulação** tem um movimento para trás quando busca generalizar e fechar um assunto e, para frente quando tem a intenção de expandi-lo ou introduzir uma nova questão. Ambas objetivam deixar mais nítido e explícito os conceitos já abordados, criando um contexto mental compartilhado.

A **recondução** surge quando o assunto em debate perde o seu desenvolvimento e pertinência, daí ela é a recolocação do aspecto principal que deveria estar sendo tratado nas discussões evitando derivações. Também pode ser a retomada de um aspecto da discussão no sentido de reforçá-lo.

Para uma melhor compreensão das categorias, eu gostaria de diferenciar o ato de organização das idéias, que se refere a seqüenciar, a comparar buscando o ordenamento e a clarificação das idéias para facilitar a análise, do ato mais complexo de sistematização de idéias que implica a inter-relação, a composição de novas relações visando a integração de dados e idéias para facilitar as sínteses. O fornecimento de informações, a recondução, o

reespelamento pertencem mais ao campo da organização das idéias, já a reestruturação e recapitulação refletem mais os atos da sistematização. Esta é uma intervenção mais geral, aquelas mais pontuais e específicas.

Também, para uma melhor compreensão, poderemos apontar que algumas dessas formas de discurso da sala de aula são tácitas, isto é, são praticamente utilizadas pelos professores sabendo ou não de tais conceituações de sua forma de atuar perante os alunos, como, por exemplo, o reespelamento, as recapitulações, reconduções, contraposições e fornecimento de informações com pistas e remodelagem. Já as outras formas, como a exposição simples, solicitação de informações, problematizações e reestruturações, são utilizadas tanto pelo professor quanto pelos alunos.

Para exemplificar o uso das categorias definidas, utilizarei um trecho dos turnos<sup>7</sup> sobre o buraco negro. A própria seqüência interativa que discutiu o buraco negro foi iniciada por uma solicitação de informações por parte de um aluno.

- 1) Alex: E o buraco negro?
- 2) Prof. 1 (P1)<sup>8</sup>: Vocês entendem de química? Que elementos químicos predominam no Sol? Já ouviram falar disso? Nunca? E na Terra, no núcleo, predominam quais elementos?
- 3) Alguns Alunos: Magma, rochas, ferro fundido (...)
- 4) P1: Não é fundamental ver isso agora, mas o Sol tem composição totalmente diferente da Terra; predomina principalmente hidrogênio. O hidrogênio que faz parte do Sol se transforma em hélio. O que é o hidrogênio e, o hélio? Hélio e hidrogênio são gases.
- 5) Alex: Hidrogênio é inflamável.
- 6) P1: Nesse processo em que o hidrogênio se transforma em hélio, o Sol produz luz.
- 7) Alex: **Mas, nunca acaba?**
- 8) P1: Nunca acaba essa transformação de hidrogênio em hélio? Chegou lá.
- 9) Daniel: Vai acabando aos poucos. O Sol vai diminuindo.
- 10) Prof. 2 (P2)<sup>9</sup>: Olha, como eles vão chegando...
- 11) Alex: E, quando acabar totalmente, a Terra existirá ....
- 12) P1: Quando acabar totalmente, o que acontecerá com o Sol?
- 13) Aluno<sup>10</sup>: Se explode.
- 14) Aluno: Se esfria.

<sup>7</sup> Irei utilizar para a transcrição dos turnos apenas três convenções: (...) -Palavras ou falas sem decifrar ou não audíveis, **Negrito** -Fala com ênfase e (.) -Fala ou falas omitidas porque são irrelevantes perante a questão que se está discutindo.

<sup>8</sup> Professor 1 refere-se ao Maurício (Eu).

<sup>9</sup> Refere-se à professora de geografia.

<sup>10</sup> Toda vez que aparecer a designação de aluno é porque não foi possível identificá-lo através de sua voz.

15) P1: Claro, se esfria.

(.)

16) P1: O que é um buraco negro?

17) Alguns alunos: Um Sol que acabou a luz.

18) P1: É um Sol que está velho, que se esfriou, que acabou o combustível.

O professor desenvolve a temática **solicitando uma série de informações** (2)<sup>11</sup> para que os alunos possam iniciar a compreensão sobre o buraco negro forçando uma comparação entre a composição química do Sol e a composição do interior da Terra, porque este era um assunto já discutido. Diante da resposta esperada dos alunos (3), o professor começa a **fornecer informações** (4) expondo até introduzir uma noção (o Sol produz luz na transformação do hidrogênio em hélio) que gerará por parte do Alex uma **problematização** (7) chave ("*Mas, nunca acaba?*") para a compreensão do buraco negro. Então, o professor **reespelha a pergunta do Alex e fornece a pista ("chegou lá")** de que a resposta está perto (8). Segue uma **resposta** (9) apontando a consequência da transformação de hidrogênio em hélio e daí novo **reespelhamento** (10) de que o caminho está correto. Isso gera uma **solicitação de explicação** (11) por parte do Alex que o professor **remodela** (12) para torná-la mais de acordo com o propósito das discussões. Seguem respostas até aquela que o professor julga e **reespelha** (15) como a mais acertada. Depois de uma derivação ele **reconduz** (16) ao assunto e utiliza e **remodela** (18) a resposta dos alunos para concluir.

Utilizo esse modo para descrever a aula debate: primeiro os turnos e depois os comentários sobre eles com base na categorização proposta. Finalizando, a seguir apresento o Quadro 1 organizando as categorias elaboradas para a análise da aula debate. Depois, como eu já havia apontado no primeiro parágrafo, discutirei a identificação das idéias prévias dos alunos sobre o tema "A formação do Universo" e, então, passarei a descrever a aula debate.

## O questionário para identificação das idéias prévias dos alunos

O questionário, como ficará claro ao longo de toda esta pesquisa, foi uma peça importante no processo de ensino-aprendizagem previsto. Ao focar, de início, um tema tão abstrato, era necessário ter alguma idéia do que aqueles alunos pensavam sobre a formação do Universo.

---

<sup>11</sup> As categorias aparecerão sempre em negrito e entre parênteses o turno referido.

Quadro 1 - As categorias do discurso entre professor-aluno e aluno-aluno

<b>FORNECIMENTO DE INFORMAÇÕES</b>	<p><b>Exposição simples, respostas</b></p> <p><b>Com pistas</b></p> <p><b>Remodelagem</b></p>	<p>-Aporte de novas informações incentivado por problematizações, solicitações de informações, etc, ou sentidas como necessárias para o desenvolvimento do tema.</p> <p>-Visa a obtenção de contribuições dos alunos mediante o fornecimento de pistas eficazes passo a passo, para que eles cheguem ao raciocínio traçado de antemão pelo professor.</p> <p>-O professor vai costurando os diálogos, preenchendo lacunas de um lado, omitindo informações de outro lado e assim, aos poucos, vai remodelando uma idéia em discussão deixando-a mais nítida, precisa e próxima de seu significado científico. Para preencher lacunas, ele utiliza-se de uma informação dada, mas que está incompleta ou imprecisa, para introduzir aspectos que faltam ou precisar certos termos do assunto aproximando-os da visão científica.</p>
<b>SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES</b>	<p><b>Clarificação</b></p> <p><b>Explicação</b></p>	<p>-É solicitada quando as idéias explicativas foram expostas, mas não estão claras em alguns aspectos ou até no todo.</p> <p>-É solicitada quando é exposta uma idéia, mas faltam as explicações ou quando as idéias expostas apresentam deficiências e lacunas que são apontadas para serem explicadas.</p>
<b>PROBLEMATIZAÇÃO</b>	<p>-Inicia, instiga e provoca momentos de procura de respostas para um problema colocado, desafios que forcem a elaboração de generalizações. Muitas vezes, o professor induz uma <b>contraposição</b> com o mesmo propósito da problematização, apontando deficiências, diferenças ou contradições nas opiniões em discussão visando instalar um conflito ou resolver um conflito.</p>	
<b>REESTRUTURAÇÃO</b>	<p>-Reorganização ou sistematização das idéias em discussão, das partes ou do todo, sobre um assunto para deixar o mais nítidos e explícitos os conceitos já abordados;</p> <p>-será <b>recapitulação</b> quando essa sistematização objetivando uma generalização, que é um olhar para trás, é feita, criando um contexto mental compartilhado para, aí sim, expandir um assunto ou introduzir uma nova questão, que é um movimento para frente.</p>	
<b>RECONDUÇÃO</b>	<p>-Recolocação do aspecto principal que deveria estar sendo tratado nas discussões, evitando derivações ou a retomada de um aspecto da discussão para reforçá-lo.</p>	
<b>REESPELHAMENTO</b>	<p>-Reforça, legitima a informação introduzida ou construída pelo aluno repetindo, reformulando ou continuando a mesma;</p> <p>-Incentivo ao aluno a responder de novo o que já disse para reforçar a idéia exposta.</p>	

Para preparar a aula debate formulamos a atividade 1, questionário inicial para identificação das idéias prévias dos alunos, com as seguintes perguntas: 1-Como surgiu o Universo? 2-O Universo se transforma? 3-O que são galáxias? Como se formam? 4-Como se formou o sistema solar? A idéia era discutir desde a explosão inicial, o BIG-BANG, até as teorias mais recentes de nebulosa solar e de acreção para explicar o Sistema Solar e a formação da Terra.

Em uma situação de sala de aula, é importante frisar que se tem no máximo 7 dias entre a aplicação e coleta das respostas do questionário e a aula que iniciará o tema de estudo. Ou seja, este é o tempo para a análise das respostas e preparação inicial das estratégias e tarefas de ensino. Os estudos apresentados, a seguir, foram aprofundados para a pesquisa e, posteriormente, volto a relatar o que concluímos durante as atividades concretas da sala de aula.

A partir dos resultados do questionário (ver anexo 1), eu fiz uma compilação das respostas a duas questões, que forneceu dados interessantes. A primeira questão (Como surgiu o Universo?) exponho a seguir:

-explosões:	-dos buracos negros -de uma nuvem brilhante -de um meteorito gigantesco que encostou no Sol -da explosão de corpos celestes
-surgiu numa bola de fogo -através de planetas, de estrelas e das galáxias -com a formação das galáxias	

A outra questão, 'Como se formou o Sistema Solar?', é sintetizada abaixo:

-explosões	-dos buracos negros -do sol que formou o sistema solar
-de matéria pegando fogo que se esfriou	-bolas de fogo -meteoros que se esfriaram e viraram planetas e estrelas
-com a luz solar	-no espaço -que atravessam a camada de ozônio
-por 9 planetas	

Em seguida, apresento no Quadro 2, as principais idéias dos alunos classificadas de acordo com o seu grau de estruturação. Não é uma categorização de pergunta por pergunta porque as idéias são de qualidades muito diferentes e estão, muitas vezes, entremeadas nas 4 perguntas. Somente horizontalmente, ao longo das respostas dadas por cada aluno a cada uma das perguntas, torna-se mais fácil a visualização de idéias mais estruturadas ou mais fragmentadas. A categorização por pergunta, muitas vezes, não permite a visualização dos distintos graus de estruturação.

**Quadro 2 -Idéias mais estruturadas e mais fragmentadas das respostas dos alunos ao questionário inicial<sup>a b</sup>**

<b>Idéias mais estruturadas</b>	<b>Como surgiu o Universo?</b>	<b>O Universo se transforma?</b>	<b>O que são galáxias? Como se formam?</b>	<b>Como se formou o Sistema Solar?</b>
'Teoria' da Bola de fogo (Daniel)	Um meteorito gigantesco foi em direção ao Sol, quando ele encostou no Sol, houve uma explosão e milhares de pedacinhos do meteorito foram se espalhando pelo Universo formando, planetas, estrelas, etc...		Para mim, galáxias são tipo de vilas, só que vilas muito distantes umas das outras. Elas se formaram pelos planetas como se fossem casas numa vila	Se formou de meteoros derretidos e pegando fogo que se esfriaram e viraram planetas e estrelas
Explosão da nuvem brilhante + bola de fogo (Alex)	Surgiu de uma explosão de uma nuvem brilhante		É um conjunto de planetas e sóis. Se formam através de explosões	Se formou pelas bolas de fogo que se resfriaram
Explosão do buraco negro (Luís)	Com explosões dos buracos negros que são um túnel de matérias e a matéria gira e se torna arredondada	Sim, por exemplo, as estrelas, os planetas, eles mudam de formas	Galáxias são os conjuntos de planetas, estrelas, luas, sóis e buracos negros	Com explosões dos buracos negros

<sup>a</sup> os quadros em branco indicam resposta sem importância ou pergunta não respondida.

<sup>b</sup> foi mantido o texto original.

<b>Idéias mais fragmentadas</b>	<b>Como surgiu o Universo?</b>	<b>O Universo se transforma?</b>	<b>O que são galáxias? Como se formam?</b>	<b>Como se formou o Sistema Solar?</b>
<b>Explosões</b>	De uma nuvem brilhante (Juliano)			
	Surgiu da explosão de corpos celestes (Astros, buraco negro, etc)	Sim, porque se explodirem uma bomba nosso planeta, ele ficará em pedacinhos e aí formará mais planetas, viram meteoros, etc (Tábata)		
		Sim (Alessandra)		
		Sim (André Roberto)	São pedaços de meteoros que vagam pelo universo	Os raios do sol que atraveçam a camada de ozônio
		Eu imagino que sim (Edna)	Uma galáxia é muito planetas juntos. Se formaram com os seus planetas	Com uma grande explosão do sol que formou o sistema solar
	Uma grande explosão no espaço (Telma)	Não		
Uma explosão no espaço entre as galáxias (Roselêta)	Sim, por meio de planetas	São estrelas e se formam de raios solares		
<b>Outras Respostas</b>	Surgiu numa bola de fogo (Karen)		São estrelas. Se formaram com a irradiação da luz solar	Se formou no espaço com a luz solar
	Através de planetas, de estrelas e das galáxias	Sim, porque se ele não se transformasse não existiria o mundo (Moacir)	Se transformam em planetas	Os raios do sol atravessam a camada de ozônio e da luz para nós
				Através de uma explosão (Eric)
	Surgiu com a formação das galáxias (Tatiana)	Não	São os pedaços que se formaram com a explosão	Por 9 planetas
	Não Sei (Surian)	Não		Através dos planetas que moramos
	Sem resposta		Se transforma, quando há explosões (Viviane)	São outros planetas
		Sim (André Luís)		
		(Alexandre)		

No Quadro 2, pode-se visualizar as idéias mais estruturadas do Daniel e Alex e a relativamente estruturada do Luís, expressas nas respostas. Já as idéias fragmentadas dos demais estão dispersas ao longo das respostas às 4 perguntas. Para uma melhor visualização, as respostas foram divididas naquelas que apontaram como origem do Universo explosões e não explosões. A título de exemplo, para a categoria não explosão, Karen acredita que o Universo surgiu numa bola de fogo e o Sistema Solar se formou no espaço com a luz solar.

Naquele momento, em sala de aula, tínhamos ao nosso dispor, aparentemente (já que não era possível uma análise mais aprofundada), idéias mais elaboradas e menos elaboradas que apresentavam um bom potencial para a discussão dos processos astronômicos de formação de corpos celestes.

Para nós, as idéias do Daniel eram uma verdadeira 'mini-teoria' da bola de fogo, explicando coerentemente a formação do Universo e, principalmente, a Terra. As idéias do Alex, no que se refere à origem da Terra (bola de fogo), eram semelhantes às do Daniel, porém, ele expõe de maneira diferente a origem do Universo (nuvem brilhante). Nas idéias da Tábata, é peculiar o uso de analogia ("*se explodirem uma bomba...*") para explicar o processo de formação do Universo. As idéias do Luís pareciam e, provavelmente, são frases assimiladas da mídia, talvez, através de desenhos animados; um modo peculiar de explicar a origem do Universo. Uma porcentagem grande dos alunos simplesmente indicou a explosão de um corpo celeste (astro 5 vezes maior que o Sol, Buraco Negro, astro, etc). Uma idéia bastante inusitada é a de que a luz solar teria formado as galáxias (por irradiação) e o Sistema Solar (através de seus raios).

Como os alunos responderam ao questionário na primeira parte da aula, tínhamos a segunda parte para continuar coletando os dados para preparar o tema de estudo. Então, nós optamos por dividi-los em grupos com a tarefa de rediscussão das respostas que haviam dado às perguntas do questionário.

### **Trabalho em grupo sobre as respostas dos questionários**

Como as idéias dos alunos sobre a formação do Universo e do Sistema Solar eram, do nosso ponto de vista, inicialmente, muito interessantes, resolvemos dividi-los em grupo e redistribuir os questionários respondidos, de modo que aquelas idéias iniciais fossem

enriquecidas pelo diálogo e conflitos que surgiriam entre eles. Tínhamos em mente que a atividade de grupo é uma excelente técnica para socializar as informações.

A seguir, mostro um extrato (toda a discussão está no anexo 2) da discussão realizada em um dos grupos:

Fernando (F): Este é o grupo A, nós vamos debater algumas questões.

F: Como surgiu o Universo?

Everson: Surgiu de um astro cinco vezes maior que o Sol, o qual explodiu formando o Universo.

F: Você concorda com isso Luís Alexandre?

— Não, eu acho que, a minha resposta é que tinha um buraco negro, que se explodiu em forma de bola.

F: Na minha opinião, o Universo surgiu através de um só caminho: entre dois cometas que se explodiram, espalhando a luz entre (pausa) o Universo, (pausa) parece que formou o Universo.

F: O que você acha da resposta do Luís Alexandre, Juliano?

— Eu discordo, eu concordo que o Universo se formou com a explosão de uma bola, de um astro cinco vezes maior que o Sol.

F: Alex, o que você acha da resposta do nosso companheiro?

— Eu concordo mais com as respostas do Luís Alexandre e Everson, mas também pode ser assim: da explosão de uma enorme nuvem que se formou grandes esferas em forma de fogo, que se resfriaram e formando os planetas e os sóis.

F: Então, como surgiu o Universo? Vamos discutir aqui, qual será sua opinião.

Juliano: Olha, na minha opinião, minha resposta é que... surgiu... com a explosão de um astro cinco vezes maior que o Sol, e você?

F: Olha, na minha opinião, esta resposta que o Juliano deu prá mim está certa, está correta, agora vou passar para o Luís Alexandre.

Luís Alexandre: Escuta, há muitas explicações para isto, só que não se sabe ao certo qual está certa, na minha opinião foi a do buraco negro.

A primeira coisa que salta aos olhos é como os alunos aprendem e representam facilmente os papéis sociais. No debate em grupo, o Fernando se pôs de entrevistador e os outros aceitaram o papel de debatedores.

Todas as respostas pressupõem uma explosão, mas divergem sobre o que explodiu. Neste aspecto, as respostas de Luís, Everson e Alex são razoavelmente diferentes. No entanto, Alex não visualiza as diferenças e afirma uma concordância em geral entre elas. Afirma isso, discordando de Juliano que tem a mesma opinião de Everson. Fernando muda de

opinião sem que se possa saber o porquê. Luís forma uma primeira impressão de que existem várias idéias e como não foi convencido por nenhuma delas, reafirma a sua idéia inicial.

Com o professor ou monitores atuando mais decididamente nos grupos os rumos seriam diferentes. A potencialidade das opiniões pela diversidade e indícios para avançar a discussão são riquíssimos. O subjacente, na fala do Luís, é a intenção de adotar a perspectiva dos demais, isto é, de relativizar o seu próprio ponto de vista. Segundo Coll (1991b), esta predisposição é uma das condições importantes para que as controvérsias sejam construtivas. Poderiam ser exploradas as idéias mais sensoriais, nas quais o tamanho do que explodiu é básico, ou 'dar trela' àquela idéia que já expressa processos de formação, como as esferas em forma de fogo que esfriaram formando os planetas. Mas, sem a mediação de um professor predominam dois tipos de posturas entre os alunos: aqueles que consolidam as suas opiniões porque sem uma atuação do professor são muito pouco acessíveis a escutar os colegas e outros totalmente inseguros, necessitando do apoio do professor para suas idéias, já que devido a uma mais segura e não necessariamente melhor argumentação de outro colega mudam rapidamente ou superficialmente as suas idéias.

As polarizações de idéias diferentes não avançaram pois os alunos dispunham de pouquíssimas informações para irem em frente com seus argumentos. Claramente verifiquei que socializar informações sem informações seria um passe de mágica. Ficou claro que ao propor uma atividade de grupo para que os alunos construam os seus conhecimentos, é necessário averiguar se com o nível de informações contido nas idéias prévias, é possível o surgimento de conflitos ou controvérsias e reestruturações de idéias, de maneira que os alunos avancem por si e no entrelchoque com seus colegas. As controvérsias são construtivas e as reestruturações frutíferas se os alunos dispõem de informações para o debate. Se o nível de informações é insuficiente, é necessário formular outras tarefas de modo a atingir um patamar desejável de informações. Essas atividades podem ser dirigidas, semi-dirigidas, mas dificilmente não-dirigidas, como a que foi proposta para eles realizarem em grupos.

O que constatamos é que a etapa 2 pouco contribuiu em termos de aprendizagem e sim em termos de futuro ensino pois, nos foram clarificadas algumas condições importantes para a realização de trabalhos em grupo.

Avaliamos que a atividade 2 fora pouco produtiva, embora existisse uma grande potencialidade para avançar a discussão nas respostas ao questionário individual, já que a

maioria dos alunos, de algum modo, acreditava que a explosão poderia ser um processo que originou tudo. Havia, também, idéias diversas e interessantes para iniciar a aula, como por exemplo, a 'mini-teoria' da bola de fogo; frases aparentemente 'sem conteúdo' captadas na TV, raciocínios mais espontâneos, misturando analogias do dia-a-dia, etc (vide a análise do subitem anterior e o anexo 1).

Apesar disso, as limitações de informações que constatamos nas discussões de grupo, deixou-nos duas opções: realizar uma série de tarefas informativas ou tentar uma aula debate com postura mais diretiva. Optamos por esta última. A nossa experiência de professor indicava-nos essa direção. As minhas leituras sobre o assunto apontavam que, em virtude da multiplicidade de interlocutores, pois todos poderiam teoricamente expressar seu ponto de vista, a aula debate poderia fornecer uma boa oportunidade para emergir outras concepções cotidianas, juntamente com a introdução de novas informações e, como consequência, teríamos a oportunidade de reorganizações destas idéias. Sabíamos que as crianças expressam e defendem suas idéias. Além de estarmos atentos aos conceitos a serem ensinados e às interações para construí-los, precisaríamos estar atentos para propor coisas que nos indicassem que as crianças seriam capazes de fazer com a nossa mediação. São idéias teóricas que, como já discutidas no Capítulo I, têm por trás o conceito de 'zona desenvolvimento proximal' de Vygotsky (1988). São bonitas e precisariam ser postas em prática.

## **Descrevendo e analisando a aula debate**

Para o planejamento da aula debate, levamos em conta os seguintes fatores importantes para o tema: um 'quadro' do que os alunos pensam sobre o tema, já discutido nos dois subitens anteriores; questões que venho apontando para serem pesquisadas; o conteúdo propriamente dito; e se a turma já havia tido algum contato com o assunto na escola.

Começando por esse último fator, a professora de geografia ensinou-lhes, seguindo o livro de sua adoção (Vesentini & Vlach, 1991), logo no início do ano letivo, as noções da Terra como planeta, situando esta como parte do Sistema Solar e os dois como parte da galáxia, da Via Láctea e do Universo. Houve uma preocupação maior com as definições e características dos principais elementos componentes do Universo.

Sobre o conteúdo, nós decidimos focar mais os processos de formação do Universo do que a caracterização dos elementos do Universo e propiciáramos as definições no decorrer das discussões. Foi a leitura do livro de Rodríguez, Villa & Anguita (1990) que nos inspirou a formular os dois conceitos organizadores (auxiliam a organizar as idéias dentro de um campo de validade), 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, pretendíamos 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. A visão dos professores pode ser vista no texto, "A origem do Universo: teoria da grande explosão - Big Bang", entregue aos alunos e que está no capítulo IV, "A continuidade do processo de ensino-aprendizagem".

Já as questões interessantes para a pesquisa são as próprias dificuldades dos professores, atribuídas aos alunos, de não conseguirem trabalhar o histórico, as escalas espaciais e temporais mais amplas e as noções de causalidade distantes do aparato sensorial.

De posse das questões para pesquisa, dos dois conceitos condutores para serem desenvolvidos e com um certo 'quadro' do que os alunos pensavam, foi-nos possível inferir algumas estratégias didáticas iniciais. De fato, são iniciais, pois, não só durante as tarefas que serão relatadas nos itens seguintes, surgiram novas e mais significativas idéias cotidianas, como também, estas forçaram novas estratégias frente aos limites e às situações inesperadas surgidas.

Da forma como eu já iniciei o relato e do modo como prossigo, poderá parecer que tudo já estava delimitado e organizado. Na verdade, ao escrever esta pesquisa o que está em jogo é o olhar teórico sobre a prática realizada. Muitas dessas conceituações feitas refletem teorias ou idéias adquiridas posteriormente à experiência prática.

Para melhor descrever a aula debate, acredito que a podemos dividir em três partes. Uma 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; numa 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, numa terceira parte foram iniciadas as discussões sobre a origem do Sistema Solar, mas discutiu-se a formação da Terra.

Na tentativa de deixar o mais claro possível os conceitos em discussão, as partes da aula poderão conter mais de um subitem conceitual, por exemplo, a primeira parte contém: o processo explosivo de origem do Universo, o que explodiu, a causa da explosão e a expansão da nuvem cósmica; a segunda parte apenas o papel da atração gravitacional e; a terceira parte trata só sobre a formação da Terra.

Os subitens que seguem serão os indicadores, mais ou menos precisos, dos conceitos e do conteúdo semântico em discussão. A análise da aula seguirá sucessiva e cronologicamente os turnos expressos e discutidos. Farei a transcrição dos turnos mais significativos e os comentários referentes abordarão a argumentação e o conteúdo do discurso. Assim, como ponto de partida, decidimos desenvolver o primeiro conceito organizador: o processo explosivo de origem do Universo.

### **O processo explosivo de origem do Universo**

A análise dos questionários prévios indicava que a maioria dos alunos acreditava em algum tipo de explosão como causadora da formação do Universo. Isto favorecia a definição sobre o ponto de partida para a aula, já que havia uma convergência: a primeira conceituação a ser posta em movimento pela classe seria o entendimento do processo explosivo formador do Universo.

Para o início da aula, nós tínhamos três principais idéias prévias sobre como a explosão originou o Universo: i. com explosões dos buracos negros que são um túnel de matérias e a matéria gira e se torna arredondada (Luís); ii. surgiu de uma explosão de uma nuvem brilhante (Alex); e iii. um meteorito gigantesco foi em direção ao Sol, quando ele encostou no Sol, houve uma explosão e milhares de pedacinhos do meteorito foram se espalhando pelo Universo formando galáxias, planetas, estrelas, etc...(Daniel).

A aula foi iniciada com o professor colocando as três idéias anteriores na lousa e comentando que a partir delas seria possível um bom debate sobre o tema "A formação do Universo". Então foram iniciados os turnos da aula debate.

1) P1: Vocês já responderam um questionário individual e as mesmas perguntas foram trabalhadas em grupo, agora vamos

tentar discutir, com base naquelas perguntas, como o Universo se originou? Alguém poderia começar a defender suas idéias?

Silêncio

- 2) Daniel: Uma bola de fogo existia, aí eu acho que um grande meteoro se aproximou do Sol e houve uma explosão. A terra se derreteu, o meteorito se quebrou em milhares de pedaços formando os planetas, as estrelas, galáxias. Tudo isso.
  - 3) P1: Você acha que consegue desenhar?
  - 4) Daniel: Eu não desenho bem.
  - 5) P2: Tenta fazer. Tenta desenhar um grande meteorito que bateu ...
  - 6) Daniel: Bateu no Sol...
- Incentivo para ele ir à lousa
- 6) Daniel: ...Antes disso existia uma bola de fogo, o Sol. Veio um meteoro, da metade do Sol, que se aproximou do Sol. Houve uma explosão, quebrou em vários pedaços e, Ah! eu não sei desenhar, começaram a se espalhar pelo Universo e cada grupo de pedaços de meteoro formaram as galáxias divididinhas, assim, uma distante da outra. Aí, eu acho que a Terra se formou de um pedacinho desses. Veio pegando fogo e passando pelas transformações, se resfriando, e criando bichos, tudo até hoje.
  - 7) P1: Vocês entenderam o que ele falou? **Não, não entenderam?** Tem o Sol, tem o meteoro, se aproximam, se chocam (...) Explodem! Desta explosão, tem um monte de meteoros que estão separados no Universo. Estas partículas, que são pedacinhos desta explosão, vão formar as galáxias. Um pedacinho desta explosão em fogo foi distanciando-se dando origem a Terra. É isso, Daniel?
  - 8) Daniel: É.
  - 9) Luís: Eu quero falar uma coisa.
  - 10) P1: Fale.
  - 11) Luís: Como um meteoro da metade do Sol pode formar todas as galáxias?
  - 12) P1: Está perguntando, tem resposta, Daniel?
  - 13) Daniel: O Sol é enorme, o meteoro também, não é minúsculo, não tem nem comparação com a Terra, a Terra é uma mixaria, assim, comparando com o Sol. Eu acho que o meteorito é metade do Sol, por isso que houve a explosão, queimou e milhares de pedaços se quebraram, não foi só um.
  - 14) Alex: Como esse meteorito se formou?
  - 15) Daniel: Aí eu não sei, não tenho explicação .
- Um curto silêncio e falas conjuntas

Após enfatizar (colocando na lousa) as três noções mais estruturadas existentes na classe sobre o assunto, o professor introduziu o tema desafiando os alunos a defenderem suas idéias através da **problematização** (1): como o Universo se originou? O Daniel **expõe** (2) com uma narrativa bastante elaborada. É incentivado a desenhar e a professora de geografia tenta **remodelar** (5) com a palavra "bateu" diferente da idéia do Daniel de aproximação do

Sol e meteoro. Daniel não se motiva a desenhar e **expõe** (6) a narração, agora com mais detalhes, mantendo a palavra "*se aproximou*" e aflora claramente sua 'teoria' da Terra como bola de fogo que se esfriou. O professor **reespelha** (7) com a entonação e reforçando as palavras expostas tais como: explodem, bolinhas de fogo, etc, daí passa a **remodelar** (7) esclarecendo alguns significados. Por exemplo, remodela ao tentar preencher lacuna ao acrescentar a palavra "se chocam" e, por outro lado, omite a idéia de pedaços espalhando-se após a explosão. Diante da concordância do Daniel com o professor, o Luís **solicita uma explicação** (11) que aponta deficiências das idéias narradas em relação à questão espacial. Diante do apoio do professor ao Luís, o Daniel **expõe** (13) justificando suas idéias e reexplicando o problema espacial colocado pelo Luís. Em seguida, outra **solicitação de explicação** (14) que aponta a falta de um argumento para explicar a origem do Sol e meteoro que explodiram. Então, a manifestação de dúvidas para a questão levantada pelo Alex.

Nota-se que a partir das idéias do Daniel houve toda uma seqüência interativa desenvolvida e pertinente que chegou ao impasse diante do questionamento decisivo sobre o problema da origem da matéria (astros: Sol e meteoro) que explodiu.

É importante destacar, até aqui, quatro aspectos: primeiro, referente ao papel do professor, que mostrou a importância da fala do Daniel; segundo, a própria fala do Daniel; terceiro, a questão importante no nível do conhecimento: os problemas de escala espacial e da origem de tudo; e quarto, a dinâmica inicial da interação com a participação ativa dos alunos no debate.

O Daniel tinha bem claras as suas idéias e seu discurso foi claramente uma narração que, aliás, é um dos discursos dos geocientistas, já que falamos de fatos já acontecidos. A narração foi sucessiva-causal, quero dizer que: a seqüência de sua estória é de ordem cronológica, existe um encadeamento linear (o choque, a explosão, as bolinhas de fogo formadoras do Universo, das galáxias; esfriamento de uma delas formando a Terra), bem como as ações precedentes provocam ações subsequentes, existe uma ligação de causa e efeito (o Sol que se chocou com o meteorito e explodiu é a causa da formação das galáxias e da Terra, que seria uma dessas bolinhas que esfriou). Está aí um dos principais estilos de narrativa dos geocientistas, historiadores e detetives. Aliás, esse raciocínio é justamente um dos que muitos afirmam ser muito complexo para essa faixa etária.

Com as suas intervenções, os professores mostraram para a classe a importância das idéias narradas. A atuação dos professores esclarecendo os significados não foi simples. Acertaram ao tentarem dar ênfase ao momento da explosão deixando de lado o que fazia referência à expansão ou espalhamento dos pedacinhos da explosão. Erraram ao insistirem nas palavras "bateu" e "se chocam" pensando em preencher uma lacuna no raciocínio do Daniel. Não é uma lacuna. Para o Daniel, de fato, a simples aproximação causou a explosão, como aliás ele defenderá até o final da aula. Complicaram ao introduzirem a palavra partículas para designar pedacinhos ou meteoros.

Sobre o problema de conteúdo, brilhante a questão do Luís: "*Como um meteoro da metade do Sol pode formar todas as galáxias?*" A resposta do Daniel convenceu e suas idéias tiveram um alento. Convenceu porque as dimensões espaciais, em discussão, são tão distantes do nosso aparato sensorial, que o seu argumento qualitativo é compreensível e plausível. Provavelmente, tal anomalia apontada por Luís, seria mortífera se eu, ou algum aluno, houvesse insistido em quantificarmos um pouco mais as dimensões astronômicas em discussão.

Outra coisa a relevar é a dinâmica inicial dos diálogos, o Daniel fez uma bela narração e o professor a legitimou, porém isso não foi impeditivo das duas 'fortes' intervenções do Luís e Alex apontando lacunas cruciais na argumentação legitimada. Certo que o professor deu todo o incentivo às intervenções mas, o mais interessante é que as mesmas partiram dos próprios alunos e, logo no início do debate, sob a coordenação de um professor novo. Seria problemático, se, nesse início, o professor tivesse adotado alguma postura mais autoritária ou impositiva de suas idéias.

Essas duas intervenções dos alunos e os diálogos que se desenvolveram em seguida, propiciando um argumentar mais aprofundado e uma análise mais acurada do problema em discussão, mostram a forma de discurso opositiva-argumentativa apontada por Pontecorvo (1992). O ponto de partida é um desacordo, na maioria das vezes uma pergunta polêmica feita pela postura cética de certos alunos que não se satisfazem com as discussões em pauta.

Na verdade, eu fiquei bastante espantado e surpreso com a qualidade das intervenções dos alunos e no desenrolar do debate aparecerão vários outros momentos parecidos.

Sobre o impasse do problema da origem, a professora de geografia tentou dar uma pista para uma possível solução ao problema implantado.

16)P2: Existiu só uma explosão?

- 17) Alex: Mais se ele falou que ali foi o começo do Universo, como que o meteoro vai se formar?
- 18) P2: Mas, espera um pouquinho, não poderia ser um pedaço de uma outra explosão?
- 19) Alex: Não sei, é que ele falou de como se formou o Universo.
- 20) P1: É, lá, ele está falando como se formou o Universo.
- 21) Alex: É. Então??
- Silêncio

Esta curta seqüência interativa, que é continuação da anterior, inicia-se com a professora de geografia procurando dar uma alternativa ao problema de origem colocado e termina sem uma discussão sobre essa busca. O motivo principal foi o não incentivo e a não compreensão, de minha parte, de que poderia ser importante explorar a alternativa apontada pela professora. As idéias da professora apontavam para a necessidade do uso de premissas para as explicações e, também, assinalavam para uma questão de fundo: qual é a origem de toda a matéria que formou o Universo? Ressalto que foi um aluno a apontar relevante questão: "*Alex: -Como esse meteorito se formou?*". Não se sabe, deve-se adotar uma premissa inicial e raciocinar em cima dela, trabalhando com evidências e idéias. Explorando a alternativa da professora de geografia que propunha uma premissa diferente, a saber: não ocorreu apenas uma explosão que originou tudo, poderíamos ter deixado claro que, para as idéias do Daniel, a origem seria um Sol e meteoro por definição já existentes. A fala do Alex ("*Mais se ele falou que ali foi o começo do Universo, como que o meteoro vai se formar?*") dava todos os indícios para a preocupação anterior. Qualquer corpo explicativo sobre a origem do Universo necessita da adoção de premissas sobre o início de tudo em concordância com as próprias idéias. Perdemos aqui um momento propício para explicitar que a adoção de premissas é um aspecto básico nas ciências, pois estávamos no começo do estudo. Nós sabíamos que existiam pelo menos duas outras visões estruturadas (Daniel e Alex) e cada uma delas com uma explicação própria da origem. Então, era de se supor que o problema da origem, aliás foi a nossa primeira problematização para a aula debate, continuasse.

Diante do silêncio, após o questionamento do Alex, eu (o professor) me vi perdido, sem saída. Na verdade, eu queria que brotasse da cabeça dos alunos tal discussão e somente o silêncio me fez logo procurar alguma outra idéia que os alunos haviam colocado nos questionários. Como um relâmpago, parecia-me promissora a idéia da Edna expressa no trabalho de grupo (anexo 3): "*...quando morre o sol nasce outro com outra explosão*".

- 22) P1: Edna, como você acha que se formam as estrelas e o Sol?
- 23) Edna: As estrelas e o Sol, professor? Ai, meu Deus!

- 24)P1: A Edna tem uma hipótese.  
 25)Edna: Eu escrevi como se formam as estrelas? Ai, meu Deus!  
 26)P2: Escreveu!  
 27)P1: Escreveu, Edna.  
 28)Edna: Ai, meu Deus!  
 29)P1: Vou ter que falar no seu lugar?  
 30)Edna: Eu escrevi isso?  
 31)P2: Você falou que morre o Sol e...  
 32)Edna:...é que morre o Sol, mas explode um negócio, explode uma coisa e nasce outra.  
 33)P1: Bom, morre, ela não está conseguindo falar. Ela escreveu, que morre um Sol, uma estrela morre, aí ela explode, formando uma outra estrela.  
 34)Edna: Uma só.  
 35)P1: É ela disse uma só, uma morre e forma outra.

Pelo desenrolar do diálogo, nota-se que foi truncado, pertinente, mas não desenvolvido, perdeu-se na introversão e timidez pessoal, mesmo com um momento em que a professora de geografia tentou auxiliar com o fornecimento de pistas: "*Você falou que morre o Sol e...*" Os diálogos foram finalizados pelos próprios professores preenchendo as lacunas que a Edna não expôs.

Diante do impasse do problema da origem, que gostaríamos que eles próprios dessem alguma continuidade, fomos tentando caminhos para o nosso primeiro objetivo estipulado: a grande explosão que originou o Universo. Então, como o Daniel havia defendido as suas idéias espontaneamente e a opção de trabalhar com as idéias da Edna não foi muito bem, decidimos forçar a explicitação de uma outra visão delineada a partir dos questionários.

- 36)P1: E aí, alguém tem uma idéia mais diferente dessas duas? Alex? Então fala.  
 37)Alex: Eu acho que o Universo se formou de uma imensa nuvem cheia de matéria brilhante, daí essa nuvem foi perdendo energia, e ela se explodiu formando o Universo.  
 38)P1: Então existia uma imensa nuvem...  
 39)Alex: De matéria luminosa...  
 40)P1: ...de matéria luminosa, que perdeu energia e explodiu formando as galáxias.  
 (.)  
 41)P1: Você concorda com o Alex, Daniel?  
 42)Daniel: Não, como ele explica a nuvem brilhante?  
 43)Alex: **Como que formou o Sol do Daniel?**  
 Falas conjuntas  
 44)Alex: Então, Deus formou esta nuvem cheia de matéria brilhante e se explodiu e formou...  
 45)P2: **Vamos tirar Deus da aula, nós estamos estudando Ciências, Ciências não põe Deus na história, Deus está fora.**

Quebro a seqüência para assinalar que fiquei bastante desorientado com a brusca intervenção da professora de geografia contestando com base na autoridade a busca da saída em Deus dada pelo Alex. Nós não havíamos discutido como agir perante um desacordo previsível como este. A minha posterior fala não discutiu o conflito instalado, até porque foi posta em jogo uma questão de autoridade difícil de ser resolvida naquele exato momento. A professora da classe era ela, eu estava ali ocasionalmente, qualquer passo em falso meu poderia trazer sérios problemas para as relações ali constituídas. Daí, saí pela 'tangente', apontando que poderíamos resolver o problema da origem inicial da matéria, mas o nosso problema de como o Universo originou-se continuava.

46) P1: Pode-se até admitir, inclusive, que Deus formou a tal nuvem, mas aí o problema é: depois da nuvem o que aconteceu?

47) Alex: Explodiu.

48) P1: O que tem de comum em todas as explicações? **O que tem de comum em todas elas gente?**

49) Vários Alunos (VA): **Explosões.**

50) P1: **Explosões, perfeito.**

A seqüência interativa foi desenvolvida e finalizou-se com a primeira conceituação importante: uma explosão originou o Universo. Para isso, a mediação do professor foi básica. A seqüência começou com o professor **solicitando informações** (36) dando dicas de que os alunos tinham outras idéias a expor sobre o assunto. De imediato, o Alex colocou-se a **expor** (37) sua visão, daí o professor **reespelha** (38 e 40) convidando o Alex à participação com a intenção de deixar o mais nítido possível as idéias expostas. Em seguida, o professor induz uma **contraposição** (41) entre as duas idéias até o momento narradas (Daniel X Alex). Isso gerou também **contraposições** (42 e 43) interessantes entre o Daniel e o Alex, em que cada um procurou minar as idéias do outro apontando a falha crucial de todas as argumentações: o problema da origem. É a postura opositiva-argumentativa já apontada na seqüência anterior. Então, a lógica busca em Deus para solucionar a falha (44). O corte brusco da professora **expondo** (45) que ciências e religião são coisas imissíveis. A **recondução** (46) do professor saindo pela 'tangente' do problema religioso e retomando o problema inicial. O que de pronto foi atendido com a **resposta** (47) do Alex: **explodiu**. Em continuidade, o professor visualiza na resposta do Alex a oportunidade para a **construção conjunta** e a **generalização** da idéia de explosão e, assim, fez a **problematização** (48). Vêm a **resposta** (49) por vários alunos de "**explosões**" e o **reespelhamento** (50) pelo professor para legitimar as idéias construídas.

As seqüências anteriores mostraram as dificuldades, o tateio, a intuição dos professores para chegar-se à primeira conceituação prevista como fácil. Na previsão da aula, foram levados em conta apenas as idéias prévias dos alunos que apontavam para o processo de explosão. No contexto interativo da sala de aula, as coisas tornaram-se mais complexas. A estratégia inicial de obter informações dos alunos obteve êxito devido ao desempenho brilhante do Daniel, mas as dificuldades surgiram perante o primeiro desacordo importante da aula: o problema da origem. Idas e vindas, mesmo sem uma boa solução para o problema religioso chegou-se à generalização de explosões como origem do Universo.

A trama argumentativa nesta seqüência foi baseada, da parte do professor, em perguntas para que os próprios alunos expusessem suas idéias mais estruturadas sobre o assunto, reespelamentos que objetivavam indicar a importância das idéias discutidas, a mediação do discurso opositivo-argumentativo surgido e, por fim, a importante recondução (46) que levou à adoção, pela primeira vez, do discurso IRA (48 a 50) para conclusão conjunta de explosões como origem do Universo. Da parte dos alunos, sua participação envolveu exposições e respostas em decorrências das perguntas do professor e o envolvimento no discurso opositivo-argumentativo apontado, que foi iniciado a partir da indução de uma contraposição pelo professor.

Percebe-se que os professores adotaram a estratégia de explicitar as idéias dos alunos e até colocá-las em conflito mas, sempre esperando que as opiniões 'brotassem da cabeça deles' e, ao mesmo tempo, com a intenção de generalizar a idéia de explosões. Quando surgiu uma oportunidade, fizeram-na.

Nesta última seqüência interativa, os pontos mais importantes e que mereceriam um melhor aprofundamento foram: a religiosidade e a adoção de premissas. Somente debruçado sobre esses diálogos, eu percebi que a origem da matéria que explodiu é extremamente interessante para discutir os dois aspectos anteriores. Aparecerá outra vez a falta de uma discussão que deixe claro a adoção de uma premissa sobre a origem da matéria que explodiu.

Em termos da evolução conceitual do tema, para nós, havíamos chegado à noção de explosões como início do Universo e, desse modo, tentamos começar outras conceituações problematizando: o que de fato explodiu? e qual é a causa da explosão inicial?

### O que de fato explodiu e qual é a causa da explosão inicial?

Poderíamos ter iniciado as discussões sobre o efeito da explosão, ou seja, sobre o surgimento e expansão da nuvem cósmica. Mas, optamos por aprofundar a causa da explosão já que pretendíamos chegar à conclusão de que foi uma matéria altamente comprimida, já existente, que explodiu justamente por essa condição inicial e existencial. Na verdade, essa condição inicial é a tal da premissa importante que se deve adotar quando se discute esse tema. Porém, o nosso grande erro será não explicitar que tal idéia é uma premissa e, por decorrência, é natural o conflito sobre a origem entre as opiniões em debate porque expressam visões diferentes sobre a formação do Universo. Essas discussões geraram uma série de vaivéns com algumas seqüências bastante interessantes. Tentarei selecionar e comentar aquelas que julgo mais proveitosas para o entendimento conceitual da aula, desse modo segue a primeira:

51) P1: A explosão é comum, então está todo mundo falando que o Universo se formou de algum tipo de explosão. Perfeito, todos estão falando a mesma coisa, o que está complicado é como esta explosão ocorreu? De que modo?

52) P1: As teorias mais recentes indicam que o Universo se formou mesmo com uma explosão. Uma gigantesca explosão. E, agora? A explosão foi um meteorito que se chocou com o Sol? Foi uma nuvem brilhante que se esfriou e explodiu? Ou um buraco negro que explodiu?

Silêncio.

(.)

53) P1: Eu pedi para alguns grupos fazerem um desenho do Universo, galáxias e o Sistema Solar.

54) Alex: Professor, ...esta nuvem pode ter também ganhado energia e não agüentado a energia e BUM!!!

55) P1: Sei; ou perdeu ou ganhou energia?

56) Luís: Ganhou energia de quê?

57) P1: Ganhou energia do que ele perguntou?

58) Aluno: Acho que a energia que vem da explosão.

59) Alex: Ah! Tinha tanta matéria junta que não agüentou a pressão e explodiu.

60) P1: Olha lá, tinha tanta matéria junta...

61) Alex: ...explodiu.

O professor reiniciou com a **recapitulação** (51), ou seja, reforçando uma conceituação construída e apontando um novo problema: busca de causas da explosão. Essa estratégia visa a fixação de uma referência comum construída ou, em outras palavras, o reforço do contexto mental atingido. De posse deste, ele introduziu o novo problema de modo muito aberto e indicando preocupações com as causas com perguntas "como ocorreu" e "de que modo?" Porém, a sua **exposição** (52), em seguida, introduz a noção de 'fonte autorizada'

("as teorias mais recentes...") para implicitamente ir passando a visão de que o início de tudo foi através de apenas uma explosão. Abro um parêntese para comentar que essa postura do professor é o que Edwards & Mercer (1989) chamam de conhecimento implícito ou pressuposto prévio. É a introdução de certos pontos de conhecimento e a suposição que sejam aceitos sem reservas como algo entendido, mas que não está submetido a nenhum gênero de discussão ou de desacordo. Fechando o parêntese, no mesmo turno (52), o professor modifica a problematização anterior que estava mais preocupada com a causa, e coloca outra **problematização** para delimitar o que explodiu, utilizando-se das três idéias dos alunos expostas na lousa desde o início dos debates. Diante do silêncio, **reconduziu** (53) os diálogos tentando utilizar alguns dos desenhos realizados pelos alunos durante a atividade em grupo. Então, o Alex deu uma importante contribuição interrompendo a tentativa do professor de encaminhar as discussões, que, provavelmente, as direcionaria de outra maneira, e passou a defender aquela que era a sua visão entre as três apontadas pelo professor. Desse modo, Alex iniciou a busca de causas da explosão, **expondo** (54) que foi a aquisição de energia por parte da nuvem que a fez explodir, mudando a sua visão narrada de que foi a perda de energia a causa (vide turno 37).

Eu, percebendo a potencialidade do rumo apontado pelo Alex e a sua mudança de idéia, em seguida, **contrapus** (55): perdeu ou ganhou energia? Aqui, cabe um corte. É necessário estar aberto, inclusive, para mudanças bruscas nas estratégias de ensino já traçadas. Para isso, as contribuições do professor não devem estar determinadas de antemão, pois precisam interferir com as estruturas de acolhida e as opiniões dos alunos. Só assim, percebem-se as pistas para a mudança de rumo que constantemente são dadas pelos alunos como, por exemplo, a proposta pelas idéias do Alex. Isso já foi apontado por vários autores que dizem que o professor tem que gerar uma série de situações para motivar, para despertar a curiosidade, para desafiar e colocar o aluno frente a problemas a serem resolvidos e, ao mesmo tempo, levar em conta as explicações dos alunos, incentivar a clarificação das mesmas, estar aberto a novas perguntas, ações e resoluções por parte dos alunos a partir do compreendido que, inclusive, apontem rumos não pensados anteriormente. Só assim, constrói-se a co-responsabilidade para desenvolver as idéias que mais facilitam a ponte para as concepções científicas.

Voltando à seqüência interativa. Após eu **contrapor** (55), ganhar ou perder energia, Luis **solicitou um esclarecimento** (56) de onde teria vindo a energia, que foi prontamente

**reespelhado** (57) por mim. Logo após, o Aluno **contrapôs** (58) as idéias do Alex afirmando que a energia seria efeito da explosão e não causa. Rapidamente, Alex, sem responder ao questionamento, refez de novo as suas idéias e **expôs** (59) dando o sentido da matéria comprimida como uma das causas da explosão. Passo a comentar aqui um outro lapso importante dos professores. Como o rumo da seqüência era para os alunos concluírem que a explosão se originou de uma matéria comprimida, quando Alex reexplicou a causa, ele foi imediatamente apoiado através do **reespelhamento** (60) porque suas idéias coincidiram com as do professor. Porém, a idéia, "*Acho que a energia que vem da explosão*" (do Aluno), indicava um conflito entre causa e efeito em discussão e tinha por trás provavelmente uma outra origem para o Universo. Com a reexplicação do Alex, colocaram-se em jogo duas discussões que o professor não entendeu e apenas apoiou uma, isto é, a que tinha em mente. O professor deveria ter relativizado o apoio ao Alex, dizendo ao reforçar a idéia de "*tanta matéria junta*" que não estava de acordo com todo o pensamento dele, já que o próprio delinear dos debates está indicando uma grande polêmica em relação à origem do Universo com pelo menos três visões: Alex, Daniel e professores.

Como já foi dito, a iniciativa do Aluno ao questionar e inverter em efeito a causa apontada com base na sua experiência prévia (explosões dispersam energias), poderia ter sido melhor explorada. Primeiro, porque o raciocínio do Aluno foi sofisticado, ele questionou a causa que o Alex vinha defendendo comparando efeitos analogicamente. O ponto de partida dos dois eram as explosões, só que o Aluno raciocinou: o efeito delas dispersam energia, então, transpondo para as idéias do Alex, ele questionou que a energia poderia vir antes das explosões. Para ele, o efeito apontado pelo Alex não estava correto. Assinalo que o contato desses alunos com o discurso e a temática geocientífica rapidamente acelerou o desenvolvimento dos raciocínios de causalidade, conforme esta e as antecedentes seqüências interativas mostraram; por exemplo, as primeiras falas do Daniel já foram uma narrativa sucessiva-causal (turnos 2 e 6). Esses alunos estão colocando em discussão um dos discursos do geocientista que é a narração sucessiva-causal. Na verdade, há uma gama de sutilezas de raciocínios para compreender: sobre a mera ocorrência das ações umas após outras (encadeamento sucessivo) impõe-se uma relação de implicação lógica e abstrata (narrativa causal). Em segundo lugar, como existe uma relação de determinância entre causa/efeito, ou seja, um certo efeito foi determinado por uma certa causa e vice-versa, as mudanças de causa/efeito apontadas pelo Aluno (57) levariam à outras idéias de explicação da origem

diferentes das do Alex e muito próximas ou até iguais às dos professores. O que o Aluno apontou e os professores, no momento, não captaram é que o padrão explosão → expansão é facilmente assimilado a partir de uma idéia cotidiana de explosão.

Como eu já disse, o nosso foco de atenção era a causa da explosão. Pretendíamos que eles concluíssem que tudo começou de uma matéria já existente comprimida em altíssima temperatura. Então, dei continuidade às idéias do Alex pelo óbvio motivo de que as estou utilizando para construir os principais conceitos sobre o tema.

62) P1: Que ocorre se você vai acumulando uma quantidade de matéria junto? Vai se acumulando e...

63) Vários alunos: Vai embolando e explode.

64) Daniel: Vai expandindo.

65) P1: **Não**. Veja, é o contrário Daniel, a matéria está se juntando. O que acontece fisicamente?

66) Fernando: Vai crescendo, se expandindo.

67) Alex: Eu tenho um exemplo.

68) P1: **Vai se expandindo???**

69) Luís: (...) Vai aumentando de volume e explode.

70) Alex: É como uma bexiga que você vai enchendo, enchendo até não agüentar mais e explode.

(.)

71) P2: Será que expande ou será que fica um muito perto do outro?

72) P1: O Alex começou a falar uma coisa que é interessante, vai acumulando a matéria e daí? Fisicamente, quando você vai acumulando matéria, o que acontece?

73) Luís: Explode.

74) P1: Por que explode?

75) Juliano: Vai pressionando uma na outra.

76) P1: **Isso, vai pressionando uma na outra**. Fisicamente, o que ocorre com esse monte de matéria que está se pressionando uma na outra?

77) Daniel: Vai ocupando espaço.

78) P1: **Sim!!!**

(.)

Essa seqüência, até aqui, é interessante porque ela mostra uma postura bastante diretiva do professor, desde o início, quando ele utiliza da estratégia lingüística de **fornecer pistas** ("*Vai se acumulando e...*") para desenvolver o diálogo. O professor poderia ter apenas feito um reespelhamento das idéias já expostas pelo Alex (59), mas tentou retomar o debate com novas palavras. O rumo dado pelos alunos, que é pertinente, não foi o esperado pelo professor. O verbo utilizado -acumular- deu larga margem para ser entendido como crescer e, portanto, como expansão e aumento de volume, daí as falas de Daniel "*Vai expandindo*" e depois a fala do Luís "*Vai aumentando de volume e explode*". Mesmo eu me **contrapondo** (65

e 68) e intervindo tentando inverter o sentido tomado, não o consegui, e o rumo das idéias levou à construção pelo Alex da analogia da bexiga (70).

O início desta seqüência ("*...vai acumulando uma quantidade de matéria junta*") é bem diferente do final da anterior, aliás exposto pelo Alex, que foi: "*tinha tanta matéria junta que não agüentou a pressão e explodiu*". As palavras, o contexto, a seqüência interativa são importantes para a significação, porque matéria junta, compressão e aumento de pressão, não só, não são tão sensoriais como acumular, expansão e aumento de volume, quanto envolvem raciocínios mais abstratos, tais como entender que existem espaços vazios na matéria e que esta pode ser comprimida (Claro, não é o momento de falarmos da constituição particular da matéria, etc). A utilização do verbo acumular juntou-se harmoniosamente com o conceito cotidiano de explosão (a bexiga) e nem as minhas intervenções inverteram tal significado.

O turno 71 mostra que a professora de geografia captou o conflito das discussões e tentou transformá-lo em **problematização** para desenvolvê-lo, mas eu não. Após surgir a idéia de processo expansivo estava a todo custo tentando mostrar que era ao contrário, compressivo, e daí o não incentivo e a não compreensão da pergunta formulada. Por isso, retornei às discussões no sentido deles concluírem que a explosão inicial foi decorrência de uma matéria em estado comprimido com alta pressão e temperatura. Apesar da **recondução** (72) do processo de discussão sobre a causa da primeira explosão iniciar-se de novo com o assento sobre o verbo acumular, como a classe já estava marcada pelas contraposições do professor (65 e 68) sobre a tentativa fracassada anterior, os resultados agora foram positivos e a seqüência finalizou-se com o entendimento esperado pelos professores.

A **recondução** (72) do professor deu a tácita demonstração de que ele não estava satisfeito com as respostas dadas anteriormente. Aliás como consta nos estudos de Cazden (1991) e Edwards & Mercer (1989) essa postura na sala de aula é bem típica, quando o professor retorna com uma questão ou quando fica em silêncio após uma resposta, normalmente, significa (e os alunos captam) que a resposta não o satisfaz. Diante da **resposta** (73) do Luís, ele **solicita uma explicação** (74) que é prontamente **respondida** (75) com a idéia que ele esperava já nas seqüências anteriores, então, vem o **reespelamento** (76) confirmando a resposta e nova **problematização** (76) buscando o entendimento mais preciso e físico da causa apontada. Nova **resposta** (77) de acordo com o esperado pelo professor e seu **reespelamento** (78) legitimando as idéias debatidas.

Na seqüência, há uma bela demonstração da utilização pelo professor das estratégias de discurso I-R-A. O professor toma a iniciativa (72) esperando já uma resposta prevista (73), diante da resposta continua sua iniciativa (74) que é prontamente respondida (75), então, vem a avaliação positiva com nova iniciativa (76), que é respondida (77), e nova avaliação (78).

Diferentemente da trama opositiva-argumentativa que tem início, normalmente, a partir da fala de um aluno cético, com os turnos apresentando uma certa autonomia partilhada entre os alunos e a coordenação do professor, na trama IRA o professor tem sempre a iniciativa e, se ele souber fazer bem as perguntas ou utilizar do artifício das pistas, provavelmente, não perderá o controle das respostas por ele já esperadas de antemão e, por conseguinte, dos turnos. Na trama IRA, usualmente, as respostas dos alunos são exposições simples e naquela são solicitações de informações, problematizações e contraposições. No entanto, como veremos mais à frente, isso não significa que as conceituações dos alunos nas tramas opositivas-argumentativas sejam mais ricas e assimiladas que na trama IRA.

Retornemos, então, à continuação da seqüência anterior que será finalizada com mais os turnos a seguir:

79) Daniel: Se comprime, expande?

80) P1: Se comprime, expande?

81) P1: Então, nós estamos chegando a conclusão que a matéria estava toda comprimida, tem um momento que a matéria foi se comprimindo, comprimindo. O Luís deu o exemplo de 2 bexigas, elas se juntam vão comprimindo e explodem.

82) Daniel: Isto é semelhante a aproximação do meteoro ao Sol?

83) Alex: Eu tenho uma pergunta.

84) P1: Você acha que o exemplo do Sol é semelhante ao das bexigas?

85) Daniel: É (...).

86) Alex: Como que o buraco negro conseguiu energia para tudo isso?

87) P2: Mas, por que foi com o buraco negro?

88) Daniel: Foi por causa da compressão da matéria que foi comprimindo e explodiu.

89) P1: É o que o Daniel acabou de falar. A matéria tem um início de compressão, o material fica todo comprimido.

Continuando a seqüência, o Daniel demonstra as suas dúvidas e **problematiza** (79) trazendo de volta a questão da compressão ou expansão. Recebe através do **reespelhamento** (80) apoio à pergunta feita. O professor, então, procura responder buscando a construção da causa da explosão **reestruturando** (81) as idéias até aquele momento e, junto com isso, enfatizando a mudança de idéia do Luís, ocorrida em diálogos não mostrados, que passou a

admitir que as duas bexigas ao se juntarem se comprimem e explodem. O professor utilizou em defesa de suas idéias a analogia da bexiga, construída pelos próprios alunos. Quase como uma decorrência direta dessa postura do professor o Daniel também vai utilizar a fala do professor para defender as suas idéias e assim **problematiza** afirmando (82 e 85) que a explosão a partir da aproximação das duas bexigas é semelhante à sua visão de aproximação do Sol e meteoro. Em seguida, há um claro momento de quebra do desenvolvimento e da pertinência do discurso quando o Alex **solicitou explicações** (86), questionando as deficiências das idéias sobre a energia para a explosão e trazendo à tona uma constante ânsia sua -o buraco negro. Esta, associada ao problema da origem ainda não resolvido pelos diálogos, foi ainda reforçada pela professora de geografia que deu continuidade ao questionamento sobre o buraco negro. Provavelmente, porque o Daniel estava completamente envolvido em compreender as relações de causa e efeito da compressão e explosão, que o próprio não se deu conta do ocorrido e **expôs** (88) assinalando a importante idéia: a explosão é consequência da compressão e esta é causa da explosão. Então, restou ao professor o **reespelhamento** (89) para legitimar as idéias construídas.

Cada aluno tem '**um tempo**' próprio de processamento e elaboração de seus pensamentos. A intervenção do Alex foi durante o ápice dos raciocínios do Daniel, daí pouco interferiu, naquele momento, no desenrolar de suas idéias, porém ele 'escutou', ou ficou marcada a indefinição da origem porque, mais adiante, o próprio Daniel para reexplicar a origem retomará a idéia do buraco negro em suas idéias.

Depois de algumas tentativas sem sucesso, os professores conseguiram conceitualmente que a seqüência interativa chegasse à generalização da idéia de início comprimido, porém de um modo que poderia ter sido melhor. Não é fácil assimilar que o próprio ato interativo constitui a significação e condiciona os rumos a seguir. Pode-se facilmente torná-lo diretivo para manter o controle conceitual da aula e, com isso, inibe-se a própria interação, ou, devemos estar cientes que, para mediar a discussões, muitas vezes, enveredamos por caminhos tortuosos e, em um dado momento, não percebemos que uma idéia era promissora. Foi o que aconteceu nesta última seqüência ao não percebermos que a partir das explicações do Juliano sobre a compressão como causa da explosão: "*vai pressionando uma na outra*" e do Daniel: "*vai ocupando espaço*", poderíamos ter corrigido o rumo tortuoso da aula ao utilizarmos o verbo acumular para explicar a compressão, já que aquelas noções

parecem mais fáceis de serem associadas a diminuir e a ocupar espaços para chegarmos à abstração de que existem espaços vazios da matéria que poderiam ser reduzidos.

Por outro lado, isso demonstra o quanto a sala de aula é realmente complexa, é um vaivém de acertos e erros. Na seqüência que acabamos de discutir, a estratégia do professor foi realizada com êxito e, no final da seqüência, provavelmente, ele mais atrapalhou que ajudou ao utilizar de novo o exemplo da bexiga (81), apesar de gerar a interessante intercomparação de duas bexigas que se juntam e explodem com a idéia também de explosão a partir da aproximação do meteoro ao Sol.

Na verdade, nós sempre pensamos que poderíamos ter evitado grande parte dessas discussões e o rumo seria outro, se houvéssemos percebido a tempo que o pano de fundo dessa questão em específico era a falta de clareza dos alunos sobre o conceito físico de pressão. Talvez, outras palavras diferentes da acumular surgiriam e poderiam auxiliar ou dificultar a compreensão. O papel do professor é básico e complexo. Nessas últimas seqüências, ocorreram algumas tentativas mais ou menos ajustadas em termos de acerto. Para complicar, muitas vezes o impeditivo do desenvolvimento de um tema, no nosso caso de Geociências, refere-se a conceitos de outras ciências e isso, provavelmente, deve ocorrer com o ensino de todas as ciências.

Na minha cabeça, era importante o uso de analogias, de metáforas e isso se amplificava se estas fossem construídas pelos alunos, por isso a minha contínua insistência nelas. Com analogias, tentei reiniciar o debate sobre o material comprimido que originou o Universo com o sentido deles entenderem que também a temperatura era altíssima.

90) P1: O que acontece com uma bexiga ou melhor com um pneu quando você vai enchendo? Um pneu de bicicleta?

91) Daniel: Vai comprimindo, vai comprimindo, até...

92) P1: Vai comprimindo. Como fica a temperatura?

93) Aluno: A temperatura aumenta.

94) P2: Porque olha, tem esse tanto de gente na classe, se for colocar 15 classes dentro desta sala, tudo em pé, o que vai acontecer? O espaço vai ficando pequeno, um grudado no outro, o que a pessoa vai sentir colada na outra?

Falas conjuntas

95) Todos: **Falta de ar, calor.**

96) P2: Falta de ar, calor, porque o atrito entre as pessoas vai esquentando, não vai?

97) Todos: **Vai**

98) P2: Vai esquentando, esquentando, o que acontece com a matéria quando fica junta e comprimida?

99) Todos: **Vai esquentando.**

- 100)P2: Vai esquentando, vai aumentando a pressão, e depois de tudo isso é que aconteceu a explosão.
- 101)P1: Então, pelo que vocês estão falando, teve um momento que a matéria ficou toda comprimida, a temperatura foi aumentando e aí ocorreu a grande explosão.
- 102)Daniel: A aproximação do Sol com o meteorito poderia causar uma explosão, com o atrito e o fogo os dois iriam se derreter, se queimar e espalhar milhares de pedaços de meteoritos derretidos pegando fogo.

O final desta seqüência mostra muito bem a existência de pelo menos dois pontos de vista entrecruzando-se no debate. A 'teoria' da bola de fogo e a visão dos professores. Foi realizado um grande esforço por parte destes para a realização da generalização prevista através da **reestruturação** (100) pela professora e **remodelagem** (101) esclarecendo melhor a reestruturação feita. O professor utilizou com êxito a estratégia IRA (90 a 93) e a professora de geografia **fornecendo pistas** (94, 96 e 98) demonstrou o domínio que tem de sua classe conseguindo **respostas** (95, 97 e 99), falas simultâneas de todos seus alunos, o que estava aparentando demonstrar a aquisição por parte dos alunos do conhecimento pretendido. No entanto, havia pelo menos uma **dissonância** que se manifestou: o Daniel. Cada aluno tem 'um tempo' próprio de maturação de suas idéias. Na seqüência anterior, o Daniel recebeu um alento às suas idéias (84 e 85) e depois da generalização feita pelos professores nesta seqüência, sentiu-se compelido a expressar o seu raciocínio mais elaborado de aproximação, explosão e espalhamento de bolas de fogo (102). Provavelmente, ele continuou reelaborando melhor a sua 'teoria' paralelamente aos diálogos e é difícil encontrar nos diálogos as palavras ou conceitos que ajudaram o Daniel em sua elaboração.

Outras situações que normalmente são pontos em aberto ou podem ser dissonâncias são as questões que ficam nas cabeças dos alunos e, quando eles têm oportunidade, as expressam. Assim, Alex recolocou o problema, já exposto por mim em diálogos não mostrados, do Universo ser finito.

- 103)Alex: O Universo é finito, o que vem depois do Universo?
- 104)P1: Nada.
- 105)Alguns alunos: **Nada?**
- 106)P1: Não tem nada, seria vazio mesmo.
- 107)Alex: Bolso de pobre.
- 108)P1: Matéria comprimida, aumento de temperatura e pressão e explosão. Um processo fundamental da formação do Universo é a explosão.
- 109)Daniel: A mesma coisa que um ácaro na cidade de São Paulo, no Estado de São Paulo. Enquanto a gente no Universo seria um exemplo de ácaro invisível no Estado de São Paulo, que

é finito, e o ácaro não sabe, o Universo é finito, mas a gente também não sabe se ele é ou não.

110) P1: Fisicamente, a gente indica que é finito, mais não foi possível visualizar isto, provar com grandes telescópios.

111) P2: Pode existir mais de um Universo?

112) P1: Nós estamos admitindo a existência de um único Universo, mas pode ser que existam outros.

Por causa de uma preocupação expressa pela professora de geografia, sem nenhuma ênfase, foi introduzida a premissa de que existe apenas um Universo. Considerando-se os diálogos, eu diria que para os alunos haver a possibilidade de mais de um Universo não lhes chamou tanto a atenção quanto tem chamado a contingência do Universo e o buraco negro.

É nesta seqüência que apareceu um vivo e ótimo exemplo que contraria uma grande parte dos geólogos que, ainda, acreditam que o principal limitante para ensinar Geociências a essa faixa etária são as escalas espaciais e temporais gigantescas e distantes do aparato sensorial. Após tentar, em vão, **reconduzir** (108) o debate retomando as conclusões até o momento, o Daniel **retoma expondo** (109) a questão da contingência do Universo. É a questão do Universo ser finito ou infinito que tem feito aflorar as noções espaciais astronômicas, como a última e bonita fala do Daniel que retoma a questão utilizando a analogia do ácaro e do Estado de São Paulo (109). É extremamente interessante, lógica e plausível a relação feita pelo Daniel e parece um discurso elevado demais para um aluno e muitos concluiriam: pela sua boca ele está falando palavras do professor, ou seja, esse discurso não é do aluno. Como se pode afirmar isso? O conhecimento do que é o ácaro ele tirou das aulas de ciências e o reutilizou junto com a dimensão geográfica do Estado de São Paulo para explicar as relações de escalas espaciais astronômicas. Anteriormente o Daniel, discutindo o mesmo assunto, já havia dado indícios de seu raciocínio: "*Ele [Universo] pode ter fim mas é tão imenso que ainda não descobriram*". E mais à frente retomará outra analogia para explicar as escalas espaciais usando casa, vila, Município e Estado.

Aproveito e afirmo que o discurso que veio sendo tramado, negociado entre professores e alunos, principalmente a partir dos debates sobre as causas da explosão, é um exercício de raciocínios de causalidade, aspecto este que também é apontado como outra das impossibilidades de se ensinar Geociências. Penso e estou mostrando que o próprio discurso de Geociências engendra e constitui na interação viva dos diálogos os raciocínios de causalidade típicos das ciências históricas. Os alunos foram envolvidos num esforço discursivo de procurar

causas e mesmo efeitos em bases abstratas. A procura de causas é típica das ciências históricas que, tendo algum fato ou produto de um acontecimento, engendra um raciocínio abstrato de procura das causas. A partir de acontecimentos, também pode-se gerar raciocínios de extrapolação de possíveis efeitos e comparando-se essas extrapolações (dos efeitos) com efeitos de causas conhecidas chega-se por analogia à causa procurada. Por exemplo, nos turno (58) o Aluno utilizou de um efeito conhecido (a energia) de uma causa conhecida (explosão) para criticar a idéia de causa apontada pelo seu colega Alex que o ganho de energia teria feito explodir a nuvem. Normalmente, para esse nível etário, os raciocínios de causalidade são realizados através de experimentos nos quais, ora os alunos visualizam e são chamados a descrever os efeitos de causas programadas ora a partir da empiria descrevem causas e efeitos experimentados.

Nesse momento, é necessário pontuar outros três aspectos importantes da evolução conceitual dos diálogos que terão conseqüências na continuidade da própria aula debate como das tarefas futuras sobre o tema. Primeiro, a indefinição do que explodiu era patente e os professores pouco atuaram incentivando a comparação, a diferenciação entre matéria comprimida, buraco negro, choque de astros e nuvem cósmica, de modo a fechar tal questão.

Segundo, de conseqüências também marcantes, tanto a minha generalização final, na qual eu falo (101): *"a matéria ficou toda comprimida, a temperatura foi aumentando e aí ocorreu a grande explosão"*, quanto a fala da professora (100): *"Vai esquentando, vai aumentando a pressão, e depois de tudo isso é que aconteceu a explosão"* tentam explicar porque tanta matéria gera compressão, alta temperatura e explosão, porém, esses raciocínios são razoavelmente diferentes e até contrariam e, 'jogam por água abaixo', a idéia inicial de construção da causa da explosão como uma matéria **já existente** comprimida em altíssima temperatura. Passou-se a idéia de movimento, de que alguma coisa existente vai aumentando de temperatura e pressão e, **depois** explode.

Terceiro, está clara a existência de pelo menos três idéias estruturadas em conflito: a visão dos professores, a visão do Alex e a visão do Daniel. Até esse momento dos debates pode-se dizer que os dois divergem quanto à origem do Universo e convergem quanto aos efeitos da explosão: expansão de bolinhas de fogo. São essas visões que têm exigido dos professores toda uma postura de negociação constante nos debates.

Na discussão das causas da explosão, as tramas discursivas tornaram-se mais complexas e, simplificada, pode-se dizer que o palco de negociações se constituiu ora com posturas muito diretivas dos professores ora com falas significativas dos alunos. A diversidade das estratégias dos professores multiplicou-se passando por recapitulações, reespelamentos, reconduções, contraposições, remodelagem, fornecimento de pistas e discursos IRA sempre com o objetivo de manter o rumo das discussões. A postura dos alunos variou desde falas significativas (54, 56, 59, 88, 102), que foram utilizadas pelos professores como um novo rumo às discussões, a falas criativas com analogias (70, 82, 109) até uma maior predominância de respostas, principalmente, frente as investidas diretivas do mestre.

É interessante pontuar que a postura dos professores não só visou consolidar, legitimar a aquisição de dados mas, mais do que isso, ela visou a reconceituação e concordo com Cazden (1991), as falas dos professores não apenas visaram emitir um veredicto de correção ou incorreção. Foram mais além, buscaram induzir nos alunos um novo modo de contemplar, categorizar e inclusive recontextualizar os fenômenos (referentes) submetidos à discussão.

Por duas vezes, já havíamos reiterado que o material comprimido explodiu e estávamos preocupados com as muitas idas e vindas, daí já era tempo de iniciarmos as discussões dos efeitos da explosão.

### **A expansão da nuvem cósmica**

Ainda, nesta primeira parte da aula, discutimos qual é o evento posterior à explosão. Adianto que a seqüência interativa foi uma bonita trama de reconduções pelo professor que culminou com a noção de expansão da matéria com a emissão de uma luz fortíssima.

As discussões do primeiro conceito organizador, a explosão, pareciam satisfatórias. Era necessário começar a introduzir o conceito de expansão da nuvem cósmica, efeito da explosão, para criar o contexto conceitual a fim de ser compreensível a atuação da atração gravitacional sobre a nuvem, aglomerando e formando as galáxias.

113) P1: Vamos ver o que está escrito aqui na lousa. Estava comprimido, explodiu, qual é o fenômeno físico após isto?

114) Aluno: Se separou.

115) Juliano: Se expandiu.

116) P1: **Isso**, se expandiu. Então, teve um começo comprimido, altíssima temperatura e explosão com

expansão. Então, o fenômeno físico posterior a explosão é a expansão.

117)P1: Essa matéria toda se expandiu. Neste momento da expansão o que começou a acontecer, a se formar?

118)Vários alunos: **Os planetas, galáxias.**

119)P1: Logo, imediatamente, que se formaram os planetas?

120)Vários alunos: **Não.**

121)Alex: Demorou milhares e milhares de anos.

122)P1: Quando esta matéria que estava comprimida explodiu; começou a expansão e o que surgiu?

123)Alex: Galáxias em forma de fogo.

124)P1: Você está falando milhares de anos. Eu quero saber logo depois mesmo, que houve a explosão, segundos depois ou até 200 e tantos milhões de anos?

125)Daniel: Surgiu milhares de pedacinhos pegando fogo pelo espaço.

O professor, como se fosse já uma prática rotineira explicitamente, inicia trabalhando com as informações já dadas, utilizando-se da estratégia IRA envolvendo os alunos na **recapitulação** (113 a 116), criando as condições para desenvolver um novo contexto e referências a serem compartilhadas. Isso é feito para introduzir a nova **problemática** (117): com a expansão o que começou a se formar? No novo contexto, todas as respostas dadas pelos alunos ao novo problema eram aceitáveis (118, 123 e 125), como também era de se esperar a volta das bolinhas de fogo, pois já está devidamente claro que é uma idéia estruturada em conflito com as idéias dos professores. Feita a **contraposição** (119) pelo professor sobre o aspecto temporal da formação das galáxias e dos planetas, os alunos saíram-se bem. Levantado de novo o problema (122) surgiram implícitas as bolinhas de fogo através da **resposta** (123) do Alex. Recolocado de novo o aspecto temporal (124) surgiram explícitas as bolinhas de fogo (125).

126)P1: Surgiu milhares de pedacinhos de coisas pegando fogo ou não?

127)Alguns alunos: Não.

128)P1: Não?

129)Alex\Daniel: Pegando fogo.

130)P1: **Pegando fogo ou não?**

131)Alex: Porque a 'teoria' da Terra afirma que começou numa bola de fogo e foi se resfriando.

132)P1: Mas, isto é o que Daniel já disse, que a Terra começou numa bola de fogo.

133)Daniel: Se não fosse pegando fogo, não teria núcleo, manto, matéria derretida.

134)P1: Espera um pouquinho, você já começou a falar outra coisa, se não fosse pegando fogo, o que você falou?

135)Daniel: Não existiria núcleo, não existiria matéria derretida.

136) P1: Isso a gente vai ver depois, como que a Terra é em seu interior. Tudo bem?

O professor transformou o conflito em **problematização** (126) e de imediato ganhou adeptos. A **contraposição** (127) de alguns alunos em relação às idéias do Alex/Daniel expressam uma adesão aos professores. Estes incentivaram os adeptos a **explicarem** (128) a discordância. Mas, não seria fácil remover os principais defensores da 'teoria' da bola de fogo: Daniel e Alex. Os dois **contrapõem-se** (129) aos professores e seus adeptos. A fala posterior do professor é claramente uma **contraposição** (130) às idéias dos dois tentando, talvez, persuadi-los com sua autoridade. Alex **discordou** (131) com a mesma moeda apelando à 'fonte autorizada'. Então, o professor **discordou** (132) tentando relativizar a fonte autorizada com a opinião de seu companheiro, como ele opositor às 'idéias oficiais'. A **contraposição** (133 e 135) veio em seguida com o apelo à prova fatural, como condição necessária da defesa de suas idéias. O que 'os opositores' levantaram é extremamente plausível: se o interior da Terra apresenta lavas, material fundido, etc, como a Terra não é um pedaço da explosão em fogo que se esfriou? Então, a minha desastrosa **recondução** (136) que comento a seguir.

Raciocínios brilhantes que somente a cegueira da ilusão de um rumo pré-determinado aos diálogos fazem o professor não enxergar a riqueza da interação. Concordo com Edwards & Mercer (1989) que os rumos pré-determinados agem como uma estrutura geral de controle por parte do professor sobre a criação e a validade do conhecimento compartilhado. Sobre a minha última intervenção (136), que aparentemente visava organizar as discussões, ou seja, mostrar que aquelas idéias levantadas pelo Daniel seriam discutidas mais à frente, não haveria problemas se, de fato, fossem idéias pertencentes somente a um outro tema, mas, pelo contrário, são sustentáculos da 'teoria' da bola de fogo sobre o porquê da expansão de milhares de pedacinhos pegando fogo. Errei por não haver entendido tais idéias na hora. Deveria ter sido dito e discutido que aquela era uma noção chave da 'teoria' opositora.

No momento, eu realmente não percebi a real dimensão das falas do Daniel e Alex e retomei as discussões no sentido de chegarmos ao rumo pré-traçado de expansão com luz fortíssima. Eu, também, já estava bastante preocupado com as várias discontinuidades no discurso e esta poderia ser uma outra que demandaria muito esforço, devido à complexidade envolvida. Eu não neguei o conflito, tanto que o retomo, mas não enxerguei que um rumo diferente do meu para os debates estava dado.

Um outro fator, talvez o decisivo, não me fez enxergar a discussão em pauta: eu estava assustado e não preparado para enfrentar e negociar uma oposição tão bem estruturada como a do Daniel e Alex.

137) P1: Agora pegando fogo ou não? Houve expansão e essa matéria formou um monte de pedacinhos pegando fogo. É Isso?

138) Daniel: Acho que o buraco negro tem de ser imenso, aí houve esta explosão, a matéria se comprimiu, aí um dos pedacinhos, pode ser esse gigantesco, aí um bateu com o outro, houve mais uma explosão de atrito, aí sim, pegaram fogo, acho que no começo não pegaram.

139) P1: **O que era no começo?**

140) Daniel: No começo, era uma explosão só da matéria que estava muito comprimida e explodiu; não agüentou e se espalhou.

141) P1: Então, se espalhou?

142) Daniel: ...sem pegar fogo, numa velocidade imensa.

143) P1: **Olha lá gente!** Fala.

144) Daniel: ...numa velocidade imensa e, eu acho que nessa velocidade, um pode se encontrar com o outro e explodir, pegar um atrito grande e começar a pegar fogo em tudo, aí sim, milhares de pedacinhos, também, menores do que esse, pegando fogo se espalharam, também, pelo Universo.

As discussões que se seguiram após a minha **recondução** (137) do conflito foram interessantes e o Daniel expressou com beleza a **reestruturação** (138, 140, 142 e 144) de suas idéias. Apesar de instalado o conflito, não da melhor forma, o Daniel havia percebido problemas em suas idéias após a minha intervenção "*Pegando fogo ou não?*", então, ele fez uma exemplar **reestruturação** (138) de seu pensamento adequando o emblemático buraco negro e, claro, diante da pressão do professor, os pedaços pegando fogo que eram efeitos da explosão passaram a ser efeitos da expansão. Percebendo a riqueza da exposição do Daniel consegui meu intento de envolvê-lo na **remodelagem** possível de suas próprias idéias, indicando lacunas e pontos a serem refeitos. Assim, diante de minha intervenção com o tom enfático: "*O que era no começo?*", rapidamente abandonou o buraco negro: "*No começo, era uma explosão só da matéria que estava muito comprimida e explodiu: não agüentou; e se espalhou.*" Diante de nova intervenção minha: "*Então, se espalhou?*", implacou: "*...sem pegar fogo, numa velocidade imensa.*" e com o meu **reespelhamento** (143), enfatizou de novo a sua **reestruturação** (144) indicando que as bolinhas pegaram fogo durante a própria expansão, devido à grande velocidade e atrito entre a matéria. Em outras palavras, o Daniel manteve na essência as suas idéias e adaptou-as para enfrentar os conflitos com o professor, até porque, a

base de suas idéias não foi questionada: o magma existente até hoje de uma Terra que já foi uma bola de fogo.

Buscando chegar na idéia de expansão com luz fortíssima, eu peguei no ar a sua expressão "*essa matéria atingiu uma velocidade gigantesca*".

145)P1: Ele falou uma coisa importante, não só expansão, mais essa matéria atingiu uma velocidade gigantesca. Então, foi uma expansão com uma velocidade fantástica.

146)Alex: Foi um flash (em tom baixo)

147)P1: **Foi o quê?**

148)Alex: Foi um flash

149)P1: **Isso**, use a palavra flash analogamente, o que faz um flash de uma máquina fotográfica?

150)Alex: Ilumina.

151)Fernando: Ilumina tudo.

152)P1: O que a grande explosão fez?

153)Daniel: Iluminou.

154)P1: Ocorreu a grande explosão com a matéria se expandindo em alta velocidade e com uma luz fortíssima.

Um papel fundamental do professor no desenrolar da interação é aproveitar as idéias novas que são promissoras no ato comunicativo, ou seja, pertinentes com o fio condutor, com os conceitos em construção. Nesta seqüência a indicação do raciocínio: expansão com velocidade fantástica, mais o fornecimento eficaz de 'pistas' deu margem à criação da analogia do flash; fundamental para a compreensão da luminosidade da expansão.

Eu gostaria de discutir um pouco mais o sucesso do fornecimento de 'pistas'. O conhecimento dos alunos é ajudado e refinado pelas perguntas, pistas, entonações, etc realizadas pelo professor visando conceituações que os alunos por si sós não seriam capazes de consegui-las. Concordo com Edwards & Mercer (1989) que tal processo educativo se encaixa perfeitamente na definida 'zona de desenvolvimento proximal' de Vygotsky (1988). É um processo que exige dos alunos participação ativa na criação de um conhecimento compartilhado, em vez de limitarem-se a escutar as falas do professor.

Os diálogos da parte referente à expansão da nuvem cósmica foram uma verdadeira negociação de significados. O professor começou tranqüilo recapitulando e obtendo as respostas já esperadas, inclusive, a conflituosa resposta das bolinhas de fogo. O que ele não esperava era o resistente desacordo às suas idéias com afirmativas plausíveis e buscando apoios em fonte autorizada e provas fatuais. Com isso instalou-se um discurso sutilmente diferente dos anteriores opositivos-argumentativos. Este é opositivo, mas entre os professores

e os alunos, exigindo daqueles, não um acompanhamento do conflito mas, um posicionamento no conflito, onde os alunos, por terem argumentos sólidos, estavam exigindo uma negociação de significados, pois os levantados até então pelo professor não os convenceram. Apesar disso, ao não negar o conflito, o professor teve sorte com a interessante reestruturação do Daniel que possibilitou a continuidade das discussões. Percebeu as mudanças no raciocínio do aluno e poderia ter aproveitado este novo momento para rediscutir o conflito instalado, mas optou claramente pela idéia promissora de chegar à nuvem luminosa.

Esses 'pedaços' de seqüências interativas compõem uma trama toda desenvolvida e pertinente que chegou à expansão luminosa da nuvem cósmica, o que conceitualmente é positivo, mas devo ressaltar que frente às afirmativas importantes do Daniel e Alex a favor da 'teoria' da bola de fogo, eu não demonstrei aos alunos que eram inadequadas e, daí, o conflito se estenderá pela aula à frente.

Era necessário um passo a mais para consolidar que a nuvem brilhante é a própria expansão da matéria cósmica em velocidade gigantesca.

A próxima e última seqüência da primeira parte da aula foi iniciada com uma retomada do professor forçando a conclusão de que a nuvem brilhante foi posterior à explosão. Para isso, relacionou a luz fortíssima (analogia do flash) como efeito da expansão da matéria. Alex resistiu à minha condução de que a nuvem cósmica brilhante seria consequência da explosão. O que é natural, já que suas idéias defendidas, até então, são justamente ao contrário (o Universo teria surgido da explosão de uma nuvem cósmica).

155) P1: **Então, a tal da nuvem brilhante, que o Alex está falando, é posterior à explosão.**

156) P1: Deu para entender que a nuvem brilhante falada aconteceu, só que foi depois da explosão. Ou não?

157) Alex: Acho que foi antes.

158) P1: Por que antes?

159) Alex: Se foi depois da explosão, como é que explodiu de novo?

160) P1: Explodiu de novo o quê?

161) Alex: A nuvem de matéria.

162) P1: Me explica, tinha a nuvem de matéria e aí?

163) Alex: Daí ela se explodiu.

164) Alguns alunos: Ele não entendeu.

165) P1: Explica Fernando.

166) Daniel: Eu vou falar o que ocorreu, o buraco negro se explodiu e aí nessa velocidade imensa, por exemplo, dois meteoritos se encostaram um no outro, houve um atrito muito grande e pegou fogo, aí sim, a sua nuvem destes

pedacinhos que se explodiram, sua nuvem saiu de lá; foram milhares de nuvens luminosas.

167)P2: Entendeu Alex, sua nuvem apareceu depois da grande explosão.

(.)

De novo instaurou-se um discurso opositivo entre os professores e alunos. O professor forçou ao longo dos diálogos uma **contradição** (155, 156, 158, 160 e 162) com as idéias do Alex. Este não se curvou ao professor e se **contrapôs** (157, 159, 161 e 163) como pôde. Diante do debate entre os dois surgiram alguns alunos que se **contrapuseram** (164) ao Alex, evidenciando a aceitação das idéias do professor sobre as do Alex. Então, o professor percebendo que os alunos o apoiavam, buscou incentivar que estes expressassem o ponto de vista do professor (165). Porém, quem se **expressou** (166) foi o Daniel e ele apresentava diferenças com o Alex (não concordava com a explosão da nuvem brilhante), mas não era adepto das idéias 'oficiais'. No entanto, no tocante ao surgimento da nuvem brilhante a visão do Daniel aproximava-se da 'oficial' e a professora de geografia assim percebeu, utilizando-se do **reespelhamento** (167) para conduzir as discussões em acordo com as idéias 'oficiais'. Em resumo, foi um momento de negociação de significados em que os professores procuraram envolver alguns alunos a seu favor.

Para nós, já estava claro a necessidade de ir fechando a primeira parte da aula e, assim, continuamos a intervir nesse sentido.

168)P1: Vocês estavam raciocinando. Quem me explica o que a gente discutiu até agora? O que a professora colocou na lousa? (O esquema, a seguir, estava na lousa: **matéria comprimida**

↘ ↙

**aumento de temperatura e pressão**

↘ ↙

**explosão → expansão**

↘

**milhares de pedacinhos espalhados em  
velocidade gigantesca e com luz fortíssima )**

169)P2: Olha, vocês estão colocando a aula na lousa, eu estava dispondo aqui o que vocês estavam falando.

170)P1: Vocês estavam falando até agora, quem me explica. Por que a nuvem brilhante é antes ou depois da explosão?

171)Alex\Daniel: Depois.

172)P1: Depois, por que é depois?

173)Daniel: Pelos cometas que se chocaram, o atrito (...)

174)Luís: Meteoro, como o Daniel falou, pode ter saído faíscas brilhosas, brilhantes enormes.

175) Daniel: O cometa é super brilhante, ele tem uma luz forte  
(...)  
(.)

Então, finalizando a primeira parte da aula, o professor iniciou fazendo uma **recapitulação** (168 e 169) das principais idéias discutidas utilizando o artifício do plural simultâneo ("*o que a gente discutiu...*", "*vocês estão colocando a aula na lousa*") apelando para a consolidação compartilhada das informações dadas, como Edwards & Mercer (1989) assinalaram em seu trabalho. Em seguida, utilizam do **reespelhamento** (170), em forma de pergunta, para indicar que o conflito instalado ainda não está resolvido. Em clara decorrência das 'pressões' (plural simultâneo, lousa e reespelhamento) dos professores, Daniel e Alex cedem e **respondem** (171) em acordo com eles. Então, novo **reespelhamento** (172) para consolidar o aparente acordo. Em decurso, surgiram uma série de **respostas** (173 a 175) que indicavam um aceite da nuvem posterior à explosão, mas por motivos nada esperados pelos professores.

Provavelmente, o que convenceu os alunos de que a nuvem brilhante foi depois, foram os argumentos do Daniel, ou seja, o choque de meteoros, de cometas, o atrito e as faíscas decorrentes da expansão em alta velocidade. Foi o arsenal de conhecimentos prévios que possuíam e puseram em ativo funcionamento. Neste arsenal têm grande peso as fantasias, as imaginações que este tema gera na mente dos alunos, principalmente, motivadas pela mídia; daí que cometas, meteoros, faíscas enormes brilhantes atraem as atenções dos alunos. Talvez, o fato mais importante a reter neste final, relendo as respostas (173 a 175), é que ficou nítido que o próprio discurso entre os pares, muitas vezes, é mais decisivo para eles mudarem de idéias do que a insistência do professor sobre o que seria correto. Por isso, os professores não poderiam ter deixado ileso, sem comentários adicionais, estas últimas intervenções pois, ao não comentá-las, o final foi dado pelo Daniel e, claro, com a mensagem de sua concepção, agora, adaptada de que com a velocidade da expansão surgiram atritos, faíscas, etc que geraram as bolinhas de fogo se espalhando e constituindo a nuvem brilhante. Isso será marcante no decorrer do que resta do debate e para a futura tarefa a ser realizada pelos alunos.

Na trama discursiva desta parte, percebe-se que os alunos exigiram mais dos professores e não bastou eles terem a priori os rumos traçados da aula. Foram surpreendidos por desacordos bem justificados e reestruturações que, em grande medida, determinaram os rumos dos debates. Nesse aspecto, marcante foi a utilização pelo professor da reestruturação

do Daniel (144) que gerou a analogia do flash e com a indução de pistas (149 e 152) se chegou à nuvem brilhante. Como já comentado, foi marcante a oposição dos alunos defendendo as bolinhas de fogo. Para concluir que a nuvem brilhante foi posterior à explosão, ocorreu o mesmo e foram necessários vários turnos de contraposições (155, 156, 158, 160 e 162) e reespelamentos (167 e 170), inclusive recorrendo à lousa e usando plurais simultâneos como artifício de que a informação dada foi construída pelos próprios alunos (168 e 169).

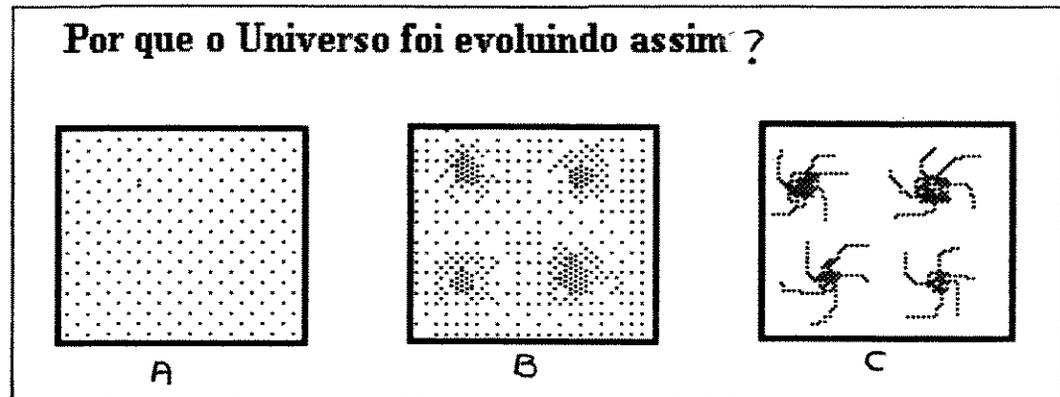
Finalizando, sobre o desenvolvimento conceitual até essa segunda parte da aula, posso afirmar que a indefinição do que explodiu continuou e, também, posso dizer que o conflito entre as idéias dos professores e a visão do Daniel e Alex tiveram embates interessantes. Os professores para concluírem que o efeito da explosão foi uma dispersão de energia que provocou a expansão da matéria em forma de nuvem brilhante tiveram que enfrentar as oposições acirradas dos dois alunos: primeiro, para mostrar que não foram bolinhas de fogo que expandiram e, segundo, que a nuvem é efeito da explosão e não causa. No primeiro embate, eu já mostrei que os professores não conduziram os debates da melhor forma. No segundo, talvez porque já haviam passado pelo primeiro, as coisas foram um pouco melhor. Porém, com a não intervenção dos professores pontuando as idéias do Daniel, não podemos esperar que o mesmo e o Alex abandonaram suas idéias e foram convencidos pelo professor, e nem que todos os outros alunos estavam a favor do professor. De qualquer forma, com as boas e más compressões apontadas, acredito que, de reconceituação a reconceituação, foi conseguido o intento de construir e consolidar o contexto mental da explosão com expansão da matéria cósmica para depois iniciar o desenvolvimento do próximo conceito organizador: o papel da atração gravitacional.

### **O papel da atração gravitacional**

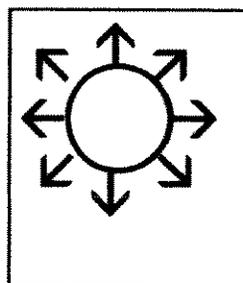
Nós iniciamos a 2ª parte da aula de modo totalmente diferente, introduzindo um modelo científico que representa alguns dos processos supostos da formação das galáxias. Um modelo bem escolhido pode apresentar um quê de motivação, de desafio e de incentivo à curiosidade e, se colocado na hora certa, a sua assimilação poderá ser significativa. Ele substitui toda uma série de perguntas, onde algumas delas podem não apresentar as características acima e serem altamente dispersivas e desmotivadoras durante a sua construção. Um modelo é interessante didaticamente se ele fizer o caminho inverso, ou seja, se ele

propiciar o desvendar de sua construção. Como um modelo organiza uma parte de um corpo de conhecimentos e sintetiza uma série de perguntas, está aí, o seu potencial.

O modelo, a seguir, foi introduzido na aula debate com a intenção de facilitar o entendimento da formação das galáxias e o respectivo papel da atração gravitacional neste fenômeno:



A omissão do primeiro quadrinho da explosão inicial, representado a seguir, foi intencional. Nós sabíamos que o que explodiu não estava devidamente amarrado e havia um motivo para isso. Nós estávamos convivendo com mais de uma idéia explicativa para o tema de estudo. Ora, como venho enfatizando que causas e efeitos estão interligados, então, por exemplo, para o Alex e Daniel, as origens são diferentes porque estão coerentes com as suas diferentes visões estruturadas sobre o tema. Até o momento, os indícios são fortes de que nós, professores, não encontramos argumentos que tenham propiciado uma mudança mais global nas idéias deles. Por outro lado, sabíamos que a colocação desse quadrinho, por ser uma boa representação do padrão explosão  $\rightarrow$  expansão, poderia direcionar muito o pensamento deles e do resto da classe e fechar prematuramente o convívio das idéias dos alunos com as dos professores. Para nós, era importante continuar a construir os conceitos organizadores e manter a liberdade de convivência de mais de uma visão.



Antes de analisar o discurso da 2ª parte, introduzo algumas idéias da importância do uso desse modelo. O modelo tem por trás toda uma teoria científica que busca explicar a formação do Universo. Ele expressa a simplificação de algumas das idéias implícitas na teoria através da elaboração de um padrão espaço-temporal, 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. É um modelo composto por relações, símbolos que pretendem representar os processos supostos<sup>12</sup>. Estas representações não estão ligadas fisicamente (no sentido de não serem reproduzíveis) aos objetos que dizem representar e nem aos processos que originaram as galáxias.

Com o modelo tenho uma preocupação mais específica, idêntica à expressada por 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. Pretendo partir da percepção global inicial do modelo para depois caminhar para um processo de deciframento das partes em relações de causa/efeito. Essas idéias, provavelmente, não estavam e não estão bem fundamentadas, e existia um risco em aplicá-las sem essa base, porém não me convencia mais a noção indutivista de que é necessário chegar às generalizações sempre a partir da observação das partes ou de membros individuais de um objeto ou fenômeno. Alguma base eu consegui utilizando oportunisticamente idéias da psicologia da percepção e acredito que devo escrever alguma coisa brevemente aqui.

Já havia dito lá nos pressupostos que, para Vygotsky (1979), os conceitos são assimilados primeiramente pelos seus atributos mais gerais. Também para Arnheim (1980), as primeiras configurações são topológicas, isto é, visam propriedade gerais como rotundidade, fechamento, retitude.

Segundo Arnheim (op. cit.), o ato elementar de desenhar o contorno de um objeto no ar, na areia ou numa superfície de uma pedra ou papel significa a redução da coisa a seu contorno, o que não existe como regra na natureza. Captar a semelhança estrutural entre uma

---

<sup>12</sup> Quanto ao modelo que constitui a representação figurada da teoria, o cientista sabe que ele é apenas uma 'muleta' para o pensamento e em caso algum a própria realidade. Ninguém jamais viu a formação do Universo e, no entanto, ela está sendo modelada.

coisa e qualquer representação dela é, contudo, uma enorme proeza da abstração. Essa tradução é uma realização muito elementar da mente. Há indicações de que as crianças pequenas e os macacos reconhecem as imagens lineares de objetos conhecidos quase espontaneamente. Assim, ele afirma: a forma é determinada não apenas pelas propriedades físicas do material mas, também, pelo estilo de representação de uma cultura ou de um artista individual.

Por isso, sua premissa básica é: perceber e conceber procedem do geral para o específico. Em primeiro lugar, qualquer configuração permanecerá indiferenciada o quanto permitir a concepção que o indivíduo tem do objeto em mira. Em segundo lugar, a lei da diferenciação afirma que, até que um aspecto visual se torne diferenciado, a série total de suas possibilidades será representada pela estrutura mais simples entre elas. Desse modo, primeiro, a reta representa todas as formas alongadas para depois, pela lei da diferenciação, tornar-se uma forma específica da qualidade de reta. Arnheim identifica-se com as leis básicas da Gestalt e de sua teoria da percepção visual: qualquer padrão de estímulo tende a ser visto de tal modo que a estrutura resultante é tão simples quanto as condições dadas permitam.

Segundo Arnheim (op. cit.), há provas suficientes de que, no desenvolvimento orgânico, a percepção começa com a captação dos aspectos estruturais mais evidentes. Tornou-se claro que as características estruturais globais não são um produto posterior à abstração intelectual, mas uma experiência direta e mais elementar do que o registro de detalhe individual. Uma pá de cal nos indutivistas que acreditam que para se elaborar a generalização do conceito de triangularidade, é necessário partir-se de uma variedade de observações individuais de triângulos.

Eu acho difícil admitir que o aluno aprenda fundamentalmente pelo método indutivo: que ele olhe, manipule, observe, compare, raciocine e conclua; que as generalizações sejam elaboradas sempre a partir de casos singulares e que, de parte em parte, se torna cognoscível o todo. Do que eu discuti até aqui, gostaria de ressaltar a idéia de que um primeiro nível de observação comporta uma parte de abstração. Assim, concordo com as idéias de Massa (1994) e com as implícitas no trabalho de Leveson (1988) de que uma descrição em curso não será acrescida de detalhes se não definirmos, previamente, classes conceituais para se constituírem (ou evoluírem a partir das existentes) como referências das abstrações e generalizações a serem construídas. Em nosso caso, apostávamos que o padrão espaço-

temporal seria uma classe conceitual de referência. Ora, esse padrão, como outro qualquer, é produto de uma teoria que visa orientar o nosso olhar da natureza. Como decorrências para o ensino, precisamos captar nas teorias e conteúdos a serem ensinados, as classes conceituais mais frutíferas à um contexto de aprendizagem. Foi o que tentamos fazer durante toda a aula debate, como foi, também, a nossa intenção didática ao desenvolvermos o discurso mais histórico não utilizado espontaneamente pelos alunos a partir da discussão orientada e compartilhada da análise de um modelo. Pretendíamos partir dos vestígios, registros e produtos de algo acontecido para explicar as suas possíveis causas, ou seja, o nosso caminho seria do efeito para a causa provável. A aglomeração é perceptiva no modelo, representa o acontecido, o efeito, pois então, pretendíamos que, a partir dessa primeira percepção, os alunos construíssem a sua causa: atração gravitacional.

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 padrões. Esses padrões, em uma certa medida, podem ser considerados como '*gestaltens*' que, potencialmente, se tornam suportes lógicos que estruturam o pensamento. No uso do modelo, há uma pretensão de testar uma crença: que a sua assimilação implica a aquisição ou transformação de uma existente estrutura lógica que orientará os pensamentos futuros. Essa discussão será melhor refeita no Capítulo III, quando da análise dos desenhos elaborados pelos alunos.

Em geologia, Rogers (1983 e 1989) defende que esses padrões seriam, essencialmente, espaço-temporais<sup>13</sup>. Daí, nesta parte da aula, ao deciframos o modelo através da linguagem verbal, procuramos 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. Os desafios a explorar dos aspectos da linguagem visual do modelo serão tratados com detalhes no momento da interpretação dos desenhos dos alunos.

É o momento de retornarmos à análise do discurso da aula debate. Na primeira parte da aula, a estratégia didática valorizou, como ponto de partida, mais as idéias dos alunos do que as idéias dos professores ou científicas. Nesta segunda parte, o ponto de partida é um modelo

---

<sup>13</sup> Rogers (1983) cita o padrão espacial, proposto por J. T. Wilson, 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.

científico, que foi intencionalmente utilizado para trazer a atenção dos alunos para um contexto e conteúdo dados de antemão. Ao introduzirmos uma fórmula química ou, no caso, um modelo astronômico, as idéias já serão mais ou menos filtradas e canalizadas e daí, os senões, as dúvidas e os embates serão direcionados; o rumo é dado desde o início. A seguir, o início propriamente da segunda parte.

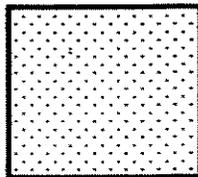
Logo no começo, levantei a premissa de que tudo começou a partir da matéria comprimida que explodiu e toquei na questão religiosa, porém de modo a não causar conflitos. Eu sabia que, para discuti-la com alguma profundidade, necessitaria de mais tempo e avaliei que seria melhor deixar para uma futura aula.

176)P1: O nosso Universo teve uma grande explosão que é sua origem, tá. E se alguém acredita em Deus pode falar que quem criou esta matéria comprimida foi Deus. Tudo bem. Tanto faz, nós não sabemos anterior a essa matéria o que aconteceu, nós só sabemos posterior à explosão.

177)Daniel: Como se formou o buraco negro?

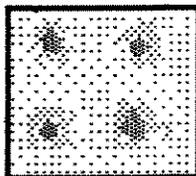
178)P1: O buraco negro é explicável, agora esta matéria comprimida que explodiu, como surgiu nós não sabemos.

179)P1: Eu quero que vocês raciocinem, vocês mesmos falaram: ar comprimido (...), expandiu em alta velocidade a matéria e essa matéria formou uma nuvem cósmica brilhante. É isso aqui (apontando o quadrinho A):



A

180)P1: A matéria era toda dispersa, a tal da nuvem brilhante, a poeira cósmica em alta velocidade é esta aqui (lousa-quadrinho A). Agora, por que o Universo foi evoluindo assim? A matéria começou a ter alguma concentração, por quê? (apontando o quadrinho B)



B

181)Juliano: Foram se juntando.

182)Luís: Comprimindo.

183)P1: Foram se juntando, mas por quê? O que atuou? Esse monte de partículas, veja...

- 184) Daniel: Se formaram as galáxias.  
185) P1: Como se formaram as galáxias?  
186) Daniel: As galáxias são vilas e as casas os planetas.  
187) P2: Como, se está tudo separado, o que provoca e vai formando a vila?  
188) P1: O que deu origem às vilas?  
189) Tábata: Os planetas.  
190) P1: Pensa, os planetas são decorrências da formação das vilas.  
191) P2: São as casas da vila e a estrela seria a prefeitura, por exemplo. (sorrisos)  
192) P1: Na grande explosão, a nuvem cósmica que o Alex falou é a matéria toda espalhando homogeneamente. Mas, por que o Universo não ficou assim (lousa-quadrinho A), essa sopa cósmica, esta matéria toda triturada, espalhada brilhante?  
193) Daniel: Eu vou falar besteira: força da gravidade. (sorrisos)

A seqüência, até aqui, que está em franco desenvolvimento e pertinência, culminou com o importante 'insight' do Daniel indicando atração gravitacional como causa da aglomeração da matéria.

A motivação ou a base para o desenvolvimento conceitual da seqüência foi engendrada pelo próprio modelo; este indicava a concentração da nuvem dispersa até as espiraisinhas (galáxias), desde que os alunos relacionassem (com a ajuda do professor) estas representações com os processos supostos.

Para introduzir a discussão do modelo, o professor **recapitulou** (176) a idéia de início do Universo através de uma explosão e **forneceu informações** (176) estabelecendo a premissa de que não se sabe a origem da matéria inicial. Em decurso, o Daniel **solicitou explicações** (177) a respeito do buraco negro pois não estava devidamente claro, até aquele momento, que o mesmo não poderia originar o Universo. O professor, então, **reconduz** (178) o debate reforçando a premissa anterior, e não esclarecendo que o buraco negro não foi a origem do Universo porque era nossa intenção discuti-lo mais adiante. Tal discussão ocorreu e parte dela já foi relatada como uma seqüência exemplificadora das categorias elaboradas para a análise da aula. Para a discussão das premissas, parece-me que o último contexto mais adequado foi esse, já que estávamos de novo discutindo a origem do Universo. Era o momento de esclarecer de vez que o que explodiu foi a matéria comprimida e não o buraco negro, a nuvem brilhante e a aproximação do meteoro ao Sol. Porém, a nossa postura foi de passar como um conhecimento implícito e pressuposto a premissa do não conhecimento da origem dessa matéria.

Foi continuada a **recapitulação** (179) e **informado** (179) que a nuvem brilhante seria o quadrinho A do modelo. Em seguida, a **problematização** (180) iniciando a discussão do papel da atração gravitacional com, também, o **fornecimento de pistas** (180) indicando que o quadrinho A era a nuvem cósmica e que esta sofrera um processo de concentração, apontando para o quadrinho B. Em seguida, a **resposta** (181) captando o lado mais perceptivo do modelo e início da noção de aglomeração e outra **resposta** (182) continuando a anterior com um grau maior de abstração. Então, o professor **reespelha e solicita explicação** (183) da causa da aglomeração, daí surge a **exposição** (184) apontando as galáxias como produto da aglomeração. Depois, outra **solicitação de explicação** (185), agora, da causa da formação das galáxias. O Daniel volta com suas interessantes analogias para explicar as escalas astronômicas (186). Os professores dão seguimento à analogia e, com isso, o desenvolvimento da seqüência é momentaneamente perdido até a **recondução** (187) do professor fazendo de novo comparações com o modelo para a compreensão do papel atração gravitacional. Em decurso, surge a **resposta** (193) chegando à causa (atração gravitacional) da aglomeração da matéria.

Foram raciocínios deles que esta concentração (do quadrinho A para o B) originou as galáxias (184) e foi um 'insight' que a causa seria a atração gravitacional. Um 'chute' com toda a insegurança do autor ("*eu vou falar besteira*"), já que a escola não incentiva extrapolações, invenções e criatividade. Parece-me que o Daniel conseguiu o que todo educador deseja: um salto mental para uma idéia nova. O salto foi propiciado pela conjugação entre a representação do próprio modelo e as intervenções do professor buscando torná-lo 'legível' para a compreensão do padrão espaço-temporal. Eles tinham na lousa todo o modelo para ser apreciado globalmente e, no próprio modelo, é perceptiva a aglomeração mas, claro, é um salto abstrato compreender que a causa é a atração gravitacional e, talvez, o 'insight' dado tenha sido em muito propiciado pela proximidade de significado entre as palavras aglomeração e atração. De qualquer modo, era necessário tornar o mais explícito possível a relação de causa e efeito: atração gravitacional e aglomeração. Assim, a seqüência interativa continuou em franco desenvolvimento e pertinência no sentido de consolidar a atração gravitacional como causadora da formação das galáxias.

194) P1: Força da gravidade, mas por quê?

195) Luís: Porque o espaço não tem gravidade, a matéria vai para qualquer lado.

196) P1: O Daniel falou em gravidade e o Luís que o espaço não tem gravidade.

197) Daniel: Falei que iria falar besteira.

198)P1: O Daniel falou besteira, vocês acham?

199)Luís: **Acho que não!**

200)P1: O Luís acha que não, por quê?

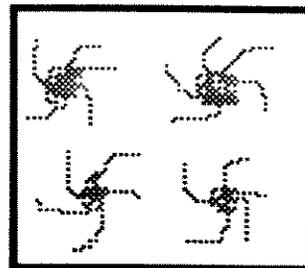
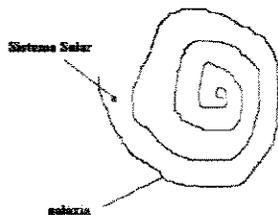
201)Luís: Porque o espaço não tem gravidade, não têm direção para ir, ficam flutuando.

O 'chute' do Daniel gerou toda uma série de discussões onde o professor, diante da **resposta** (195) não muito clara do Luís, forçou na fala dele uma possível defesa da noção do Universo sem gravidade, criando também uma **contradição** (196) com o Daniel. Este recua diante do confronto com o Luís (tido com o melhor aluno da classe). O professor força a contradição reforçando a opinião do Daniel (198). Então, o Luís mostra que desde o início não discordava do Daniel (199) e o professor **recoloca** (200) a necessidade de se explicar o papel da força da gravidade. Em seguida, o Luís **expressa** (201) a sua opinião de que, se no espaço não há atração gravitacional, tudo ficaria flutuando e jamais se concentraria a matéria cósmica para dar origem às galáxias. O que os levou a admitir que o Universo tem gravidade foi a necessidade de, com o modelo, explicarem a origem das galáxias a partir da expansão cósmica. O problema colocado levou-os a raciocinar que deveria existir uma força para atrair a matéria dispersada.

Pela trama argumentativa, verifica-se a decisiva atuação do professor nesta segunda parte da aula, em todos os sentidos, desde o início, com a escolha de um modelo para auxiliar as discussões, até todas as intervenções de incentivo em busca de causas, de explicações para o modelo. Há um predomínio de solicitações de explicações e reconduções após as respostas dos alunos forçando comparações que direcionaram o olhar deles para o objeto em discussão: o modelo.

Para os alunos consolidarem a idéia de uma força atrativa, o professor retoma o debate e atua incisivo com o fornecimento de pistas e discursos IRAs.

202) P1: Então, o Universo quando explodiu, era aquele quadrado pequeno (QA), todo disperso sem direção nenhuma. Por que a matéria começou a se acumular? E aí, olha o desenho, o processo evoluiu daquele modo. Existe semelhança entre isto aqui (apontando o quadrinho C) e o desenho que um grupo fez:



C

Olha a galáxia como é (apontando o desenho acima)? Tem semelhanças?

203) Vários alunos: **Tem.**

204) Fernando: Tem, as partículas se ajuntaram e formou um bolo.

205) P1: Isto aqui o que é? (apontando o desenho acima)

206) Vários alunos: Galáxia.

207) P1: Como ela é?

208) Vários alunos: Espiral.

209) P1: Como se formou este monte de espiraisinhas, que são as galáxias?

210) Luís: Uma força rotatória.

211) P1: **Isso e daí.** Alguém não sabe o que é força rotatória?

212) Vários alunos: Diversas respostas ao mesmo tempo.

213) P1: Que fenômeno físico fez com que a matéria começasse a circular?

214) Fernando\Juliano: A gravidade.

215) P1: Como? É ou não a gravidade? E, o que ela faz?

216) Alguns alunos: Atrai.

217) Luís: É uma espécie de imã.

218) P1: **Atrai, isso.** Ele falou que a matéria começou a circular, como vocês conseguem juntar uma coisa na outra?

219) Daniel: Se a matéria começou a circular foram formando um seguido da outra, formando (...)

(.)

220) Luís: Atração.

221) P1: O que provoca atração?

222) Luís: A força da gravidade.

223) P1: A força da gravidade, então a besteira que ele falou estava certa.

(.)

224) Daniel: Nas explosões, milhares de pedaços começaram a se espalhar e ficaram flutuando pelo espaço e, aí, houve a gravidade, a atração foi juntando os planetas, estrelas, tudo e cada, cada pares, cada posição foi

formando as galáxias e as galáxias foram...esqueci, ajuda Luís.

Visando consolidar a idéia de força atrativa, o professor **forneceu pistas** (202, 205, e 207) para eles concluírem que as espirais seriam as galáxias. O objetivo foi alcançado com êxito pois vários alunos participaram das **respostas** (203, 206 e 208). A partir disso, com a utilização da estratégia IRA (209 a 214) o professor levou-os a raciocinarem que a causa da origem das espirais foi uma força rotatória e, como decorrência, concluíram que a gravidade teria o papel de gerar tal força. Então, continuando a seqüência (215 a 223) no sentido de fechá-la, o professor retomou a questão da gravidade para concluir que o 'chute' do Daniel estava certo.

Descrevo os passos com mais detalhes. O professor começou **solicitando explicações** (209) incentivando a busca da causa da formação das galáxias. Veio a **resposta** (210) apontando a força rotatória, **reespelhou** (211), incentivando a continuidade da explicação e **solicitou explicação** (213) buscando a causa da força rotatória, conseguindo a **resposta** (214) esperada indicando a gravidade como causa. Naquela ocasião, o professor **reconduz** (215) incentivando a explicação do que a gravidade teria feito. **Obtém a resposta** (216) atrai e outra usando a analogia do imã (217) para explicar o papel de atração da gravidade. **Reespelha** (218) legitimando as idéias expostas e incentiva **colocando o problema** (218) de relacionar a noção de matéria circulando com a idéia construída de atração. O Daniel mostra indícios (219) que se concretizarão no turno 224 de reestruturação de suas idéias. Vem a **resposta** (220) repetida de atração e, de novo, a **solicitação de explicação** (221) do que teria provocado a atração. Nesse momento, vem a **resposta** (222) esperada chegando à causa da aglomeração. Restou, desse modo, o **reespelhamento** (223) legitimando a conclusão de que a causa foi a força gravitacional. O Daniel, nesse tempo, apresenta a sua **reestruturação** (224) da idéia de explosões com pedaços espalhados assimilando a nova idéia de atração gravitacional.

O professor iniciou com o controle do debate e finalizou a seqüência utilizando-se da estratégia IRA sem muitas dificuldades. Primeiro, porque o R do IRA, que são as respostas dos alunos, é essencial para o progresso da interação, apesar das respostas esperadas pelo professor muitas vezes não serem óbvias mas, com um 'chute' do craque Daniel tão bonito e certo no gol tudo ficou mais facilitado. Segundo, tanto isso é verdade, que o modelo, o 'chute' e as respostas rapidamente constituíram a mesa de discussão com as seguintes palavras ('jogadas') importantes: atração, aglomeração, força rotatória e gravidade. Pois então, bastava

a habilidade do 'técnico' de encadear algumas perguntas com respostas 'previsíveis' para fechar ('ganhar o jogo') a causa da formação das galáxias.

Parece-me que sem a utilização do modelo e a postura diretiva dos professores nós não teríamos conseguido chegar a uma razoável conceituação do segundo e mais difícil conceito organizador: a atração gravitacional como fundamental para aglomerar a matéria cósmica em dispersão.

Antes de uma discussão mais geral da segunda parte da aula, é interessante ressaltar que o Daniel fez uma bonita reestruturação que organizou suas idéias em outro patamar. A nova idéia do papel da atração gravitacional encaixou-se perfeitamente na sua noção de explosão, expansão da nuvem brilhante em altíssima velocidade com choques e atritos entre a matéria cósmica. Sem questionar a sua 'teoria' da bola de fogo, a nova idéia caiu-lhe como uma luva para explicar a formação das galáxias, estrelas e planetas.

Essa segunda parte da aula apresentou características razoavelmente diferentes da primeira. A começar pela extensão, foi muito mais curta e diretiva. Diferente da primeira parte, onde houve muitas discontinuidades e perdas da pertinência ou, em outras palavras, do fio da meada, nesta, pode-se dizer que não houve nenhuma grande quebra da pertinência e, sim, apenas alguns momentos de perda da continuidade. No conjunto, as seqüências interativas rapidamente foram encadeando-se e gerando elaborações de conhecimentos extremamente interessantes e vitais para a compreensão do segundo conceito organizador: a atração gravitacional.

Eu acredito que sejam duas as causas principais dessas diferenças marcantes. Como primeira, parece-me que conseguimos o nosso intento de a partir da percepção global do modelo irmos passo a passo decifrando as partes em relações de causa e efeito e, com isso, fomos construindo o padrão espaço-temporal desejado. Acredito que posso chamar esse padrão de estrutura de suporte (*scaffolding*). Como segunda causa, parece-me que, sem um propósito inicial definido, constituímos dinâmicas diferentes em cada parte devido ao vetor do movimento das idéias, isto é, na primeira parte, o vetor principal foi do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico e, nessa segunda parte, do conhecimento científico para o conhecimento cotidiano.

Na longa primeira parte da aula, com os diversos tipos de discursos ocorridos, parece-me que os poderia, a grosso modo, enquadrar como partes de todo um movimento

maior de recontextualizações (veja essa discussão nas páginas 36 e 37). Pois, desde o início da aula debate, baseamo-nos nas narrações dos alunos sobre o processo de formação do Universo, no discurso constituído na própria interação e sempre recorremos à memória, experiências anteriores e analogias e nunca partimos para exemplificar um contexto físico para ser compartilhado e desenvolvido na classe através da observação ou manipulação. Fizemos justamente ao contrário na segunda parte, onde partimos de um modelo desenhado na lousa; ele estava ali, fisicamente, na forma de representação para ser compreendido.

Provavelmente, o modelo acabou se tornando um arcabouço lógico e as constantes intervenções do professor, principalmente, na forma IRA, foram compondo e relacionando as partes do arcabouço até uma compreensão 'global' deste. Em outras palavras, foi fornecido, passo a passo, com base em um suporte visível (o modelo) e audível (o discurso do professor), o substrato lógico para a aquisição do padrão espaço-temporal. Parece que a dosagem da diretividade foi bem calculada e os professores conseguiram, a cada passo, promover uma maior compreensão dos conceitos envolvidos no modelo e, assim, penso que conseguimos interferir positivamente para que os alunos atuassem em suas 'zonas de desenvolvimento proximal'.

Um dos grandes problemas da educação e, talvez, a questão central da cognição humana é a capacidade de descobrir novas idéias, ou seja, de ir mais além das informações recebidas. Segundo Cazden (1991), pelo menos duas das mais usuais estratégias de ensino patrocinadas pelo professor, como o discurso IRA e as criações de estruturas de suporte, parecem que pouco favorecem um salto mental para uma idéia nova. No entanto, justamente na segunda parte da aula, onde predominou o discurso IRA e a utilização da estrutura de suporte, ocorreu o 'chute' do Daniel. Na primeira parte, não ocorreu nada semelhante ao 'insight' de Daniel, mas houve vários outros momentos de participação decisiva dos alunos modificando o rumo das discussões. A fala do Luís questionando as dimensões espaciais da narração do Daniel, o Alex indicando a causa da explosão da nuvem cósmica, a analogia do flash, o discurso opositivo-argumentativo entre o Daniel e Alex, etc igualmente foram além da retenção das informações recebidas. A complexidade é maior, as relações entre as partes e o todo são importantes. Foram necessárias as várias idas e vindas e o longo debate até a contextualização mental da nuvem cósmica para daí introduzir-se o modelo de formação da galáxias. E, no bojo de uma postura diretiva de compreensão do modelo, surgiu o 'chute' do Daniel.

Para esclarecer a outra causa apontada do vetor, isto é, a do movimento das idéias, parece-me que podemos ser auxiliados pela idéia de Vygotsky (1979) de que os conceitos espontâneos ou cotidianos caminham para a generalização em direção aos conceitos científicos e estes buscam uma maior exemplificação ou 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 na primeira parte da aula, o grau de elasticidade é muito maior do que se a ênfase fosse nas idéias científicas, como na segunda parte da aula. 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 primeira parte da aula, 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. Por exemplo, a nuvem cósmica foi tratada como poeira, matéria, partículas e pedacinhos em expansão. Dependendo do vetor escolhido, é natural essa imprecisão, e o próprio debate vai aos poucos caminhando para uma maior precisão das palavras, ou seja, tais palavras (poeira, partículas, etc) se constituem em um ou alguns conceitos em formação. Já, na segunda parte, 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.

Outra idéia que pretendíamos testar é que achávamos que o modelo seria mais facilmente assimilado se fosse plausível e se fosse convincente a sua representação em relação à teoria e à natureza. Até aqui, não poderei falar que o modelo foi amplamente assimilado pelos alunos, mas, na aula debate, ele serviu e mostrou grande poder explicativo pois, através dele, foi possível toda uma discussão pertinente e desenvolvida. A verdade é que sem o modelo não saberia como conduzir a discussão.

Finalizando, o discurso do geocientista, para muitos tão difícil a esse nível etário, parece que foi o próprio motor para as conceituações feitas. É típico do geocientista o

discurso histórico, ou seja, partimos dos vestígios, registros e produtos de algo acontecido para explicar as suas possíveis causas. Ora, a aglomeração, que era perceptiva no modelo, representava o acontecido, o efeito, pois então, a partir dessa primeira percepção construímos a sua causa: atração gravitacional. O nosso caminho foi do efeito para a causa provável ou, expressando-me melhor, da aglomeração para a atração gravitacional. Nesse trabalho de desvendar o modelo acredito que a assimilação do padrão atração gravitacional → aglomeração se tornou compreensível para os alunos.

### **A formação da Terra**

A terceira parte da aula debate caracteriza-se por discussões iniciais sobre a formação da Terra. O rumo da aula fora direcionado para discutir a formação do Sistema Solar, mas as idéias convergiram para a origem da Terra. O que já era de se esperar devido aos vários momentos em que as idéias da 'teoria' da bola de fogo não foram devidamente tratadas pelos professores. O professor, antes de introduzir o novo problema, como uma prática rotineira da sala de aula, iniciou recapitulando as duas principais causas da formação do Universo e das galáxias.

225) P1: Quais são as duas causas principais de formação do Universo e das galáxias?

226) Juliano: Explosão.

227) P1: Perfeito, Juliano.

228) Aluno: Atração.

229) P1: Atração o quê?

230) Alguns alunos: Atração gravitacional.

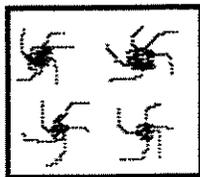
231) P1: **Brilhante, certo.** As duas causas principais da formação do Universo, gente, são a explosão e a atração gravitacional. Explode tudo e a atração gravitacional junta, fazendo um ciclo (...)

Em seguida, foi colocada a nova problematização em que os professores utilizaram a analogia das unidades administrativas levantada anteriormente pelo Daniel para facilitar a compreensão das gigantescas unidades espaciais astronômicas.

232) P1: Esta pontinha aqui na lousa é uma vila de Jundiaí:  
(apontando na ponta da espiral o suposto Sistema Solar)



Aqui é a cidade de Jundiaí: (apontando uma espiral das várias do quadrinho C).



C

- 233) P2: A vila é o Sistema Solar e Jundiaí é a galáxia e o Universo é o Estado de São Paulo. Como se formou o Sistema Solar?
- 234) Alex: Uma bola de fogo.
- 235) P1: De onde surgiram estas bolas de fogo?
- 236) Vários alunos: (...) foi formando como um bolo, foi se juntando ...
- 237) Daniel: Do atrito, do encontro dos meteoros, explodiu e veio os pedaços da bola de fogo e foram formando o Sistema Solar.
- 238) P1: O Daniel, a primeira coisa que ele falou é que houve uma explosão e várias bolinhas de fogo foram espalhadas pelo Universo. A Terra seria o esfriamento dessa bolinha de fogo. A Terra foi mais quente e está esfriando. (...) Agora, o Luís e o Juliano falaram outra coisa. Vocês perceberam que eles falaram outra coisa? É diferente ou não? Luís, você percebeu que falou outra coisa?
- 239) Luís: No final, se esfriou, no começo, foi esquentando e explodiu, daí, veio o final que começou a esfriar.
- 240) P1: Você, então, está falando que a Terra explodiu?
- 241) Luís: A Terra, não!
- 242) P1: A Terra explodiu?
- 243) Vários alunos: **Não!**
- 244) Daniel: A Terra é um pedacinho da explosão anterior.
- 245) P1: É um pedacinho pegando fogo ou é o que você (Luís) começou a falar. Veja, a Terra é um pedacinho minúsculo do Universo que se esfriou. Não há outro modo de se formar?
- 246) Fernando: Foi formando (...)
- 247) P1: Ah! O Fernando está falando que foi se juntando, juntando até?
- 248) Luís: Que nem as rochas sedimentares, sedimentos e outras pedras que vão se acumulando.

Diante do **problema** (232 e 233) de como foi a origem do Sistema Solar surgiu a esperada **resposta** (234) de origem através da bola de fogo. Coube ao professor **solicitar uma explicação** (235) sobre a origem das bolas de fogo. No decurso, o Daniel **responde** (237) com as idéias que foram conclusões da primeira parte da aula (vide turnos 170 a 175), já que os professores, na ocasião, não explicitaram que a nuvem brilhante, que estava em pauta, não foi formada pelos atritos dos meteoros, as faíscas dos cometas, etc. Então, o professor tenta **reconduzir** (238), primeiro, esclarecendo as idéias da 'teoria' da bola de fogo e, segundo, colocando-a **em confronto** (238) com uma outra possível idéia que teria sido dita durante as várias falas conjuntas (236). Após isso, o Luís **expressou** (239) umas idéias não muito claras, mas que dizem respeito ao Universo, que esquentou, explodiu e depois esfriou. Nesse tempo, o professor cria uma falsa contradição para pontuar que, em hipótese alguma, a Terra explodiu (de 240 até 243). Diante disso surge a **exposição** (244) do Daniel pontuando que a Terra é um pedacinho da explosão inicial.

Nesse ponto gostaria de frisar que essa idéia expressa pelo Daniel deixa muito nítida toda a sua concepção. O professor, então, **reconduz** de novo (245), voltando aos passos já dados no turno 238, ou seja, deixa o mais explícito possível as idéias da 'teoria' da bola de fogo para, daí, incentivar uma outra explicação que já estava surgindo. O professor, nesse momento, **reespelha** (247) a fala do Fernando com a intenção de mostrar para a classe um outro caminho. No decurso, o Luís usando analogia **expõe** (248), explicando a surgente idéia de ajuntamento. Como, inevitavelmente, toda essa parte da aula está sendo e será um confronto com a 'teoria' da bola de fogo, o professor acertou num encaminhamento e errou noutro. Errou quando continuou a polêmica e não esclareceu e não irá fazê-lo, que já não estavam mais discutindo sobre a origem do Sistema Solar e sim sobre a formação da Terra. Devido ao conflito com as bolas de fogo ocorreu um salto das galáxias para a Terra. Acertou quando captou na interação que um dos modos de, talvez, mostrar um dos cruciais pontos falhos da 'teoria', seria consolidando a idéia de acreção na formação da Terra e, assim, seguiu.

249)P1: Dois raciocínios aqui: um, é um pedacinho quente do Universo pegando fogo que se esfriou; o Fernando começou a falar outra coisa, vários pedacinhos foram se juntando, juntando. Vamos desenvolver um pouco mais esta idéia.

250)Daniel: Teve a atração, os pedaços espalhados começaram a se juntar e formaram o Universo.

251)P1: Nós estamos falando da Terra, não misture com o Universo. A nossa vila já veio pronta pegando fogo e se esfriou, ou um monte de pedacinhos foram se juntando?

252) Alex: Pegando fogo.

253) Luís: Pode ser as duas coisas juntas: a bola de fogo se esfriou e depois veio mais pedaços prá ajudar a juntar.

254) Rafael: Era uma bola de fogo e foram se juntando pedaços de meteoritos pequenos formando a Terra, por isso que no meio da Terra tem lava.

255) Daniel: A lava; o centro pode ser uma atração, os pedacinhos foram atraídos por um centro, aí se juntaram e poderia ser um núcleo dentro da Terra. Pode ser está atração que chamou, que atraiu os pedaços formando a Terra.

Pretendendo enfraquecer a 'teoria', o professor atuou mostrando uma **contradição** (249) e incentivando o desenvolvimento da nova explicação. Porém, o Daniel **contrapõe-se** (250) mostrando que a idéia do ajuntamento é a mesma da aglomeração, já discutida durante a formação das galáxias. No entanto, eu **reconduzi** (251) o debate assinalando que, nesse momento, nós estávamos discutindo a formação da Terra e, novamente, explicitiei a existência de duas idéias em conflito. Em seguida, o Luís **contrapõe-se** (253) relativizando o conflito, integrando as duas idéias em uma mesma explicação: a bola de fogo esfriou-se e depois foi acrescida de novos materiais. As idéias do Luís caíram como um presente para os defensores da bola de fogo e, na **reestruturação** do Rafael (254) e Daniel (255), a surgente idéia de ajuntamento (acrecção) foi absorvida e integrada às velhas noções dando nova vida à 'teoria' da bola de fogo.

Volto a insistir que um papel fundamental do professor no desenrolar da interação é visualizar as novas idéias que são promissoras e pertinentes com o fio condutor, com os conceitos em construção. A reutilização, por parte do Daniel e Rafael, da surgente idéia de acreção de matéria cósmica (meteoros, etc) para formar a Terra não poderia ter passado ileso sem nenhuma pontuação pelo professor. A idéia de acreção estava nascendo como uma alternativa à 'teoria' da bola de fogo; esta tinha como um de seus sustentáculos a existência de lava no interior da Terra. O Rafael reintegrou com bastante consistência a surgente idéia no corpo teórico e manteve intacta a sua 'base fatural'. Entretanto, apontou mudanças significativas: a Terra não é apenas uma bola de fogo que esfriou, mas uma bola que, em fogo, foi acrescida de novos materiais. Ora, tudo isso 'escapou' e como 'escapou'... Desse modo, a idéia de ajuntamento continuou a ser debatida.

256) Tábata: Quando se explodiu, um pedacinho tinha muita... puxava muitas coisas e foi puxando mais pedacinhos que passavam perto dele e, assim, foi se formando a Terra.

257) P2: Na verdade, é assim mesmo.

258) P1: Que força atuou?

- 259) Tábata: Tipo de força da gravidade, que vai puxando outros pedacinhos e foi se formando até ele (pedacinho) ser coberto e não ter mais força de puxar outros pedacinhos.
- 260) P1: Perfeito. Imaginem o que acontece, gente, se dois grandes meteoros se chocam?
- 261) Alguns alunos: Explodem e formam milhares de pedacinhos.
- 262) P1: Só vai explodir? Qual outra coisa que pode acontecer?
- 263) Daniel: Os pedacinhos podem explodir de novo e formar mais pedaços.
- 264) P1: Dois grandes meteoros podem se chocar e formarem vários pedacinhos. O que mais pode acontecer?
- 265) Daniel: Podem derreter e pegando fogo
- 266) P1: O choque é com pequena ou grande velocidade?
- 267) Alguns alunos: Velocidade grande.
- 268) P1: Eles podem se espedaçar, ou ...?
- 269) Alexandre: Se juntam.
- 270) P2: A força é tão grande e o atrito é tão forte que aquilo deve derreter e esquentar tanto que eles se grudam. Se você pega o ferro (que é duro) põe no fogo ele derrete e fica uma massa linda vermelha.
- 271) Aluno: Vira um magma.
- 272) P2: Vira um magma. Então, dependendo do ângulo do choque eles se espedaçam, dependendo do ângulo a força é tão grande que eles se grudam e pelo próprio calor se juntam.
- 273) Fernando: Vai aumentando, aumentando cada vez mais, conforme vem mais matéria.

Pela primeira vez no debate, a Tábata motiva-se e **expõe** (256) sua idéia de acreção: um pedacinho da explosão passa a atrair outros materiais formando a Terra. É importante pontuar que ela não entra no mérito se o pedacinho é em fogo ou não. A professora **reespelha** (257) e o professor **solicita explicação** (258) sobre que força poderia ter provocado a atração. Ela **responde** (259) indicando a força da gravidade, que teria o papel de ir puxando os pedacinhos. No percurso, o professor **reespelha** e **problematiza** (260) buscando acrescentar um novo elemento na discussão: choques de meteoros teriam formado a Terra. **Respondem** (261) explosão e surgimento de milhares de pedacinhos. O professor **problematiza** (262) se não poderia ocorrer outro fenômeno. O Daniel, então, **expõe** (263) apontando uma possível ciclicidade: choque-explosão. Ocorre a **recondução** (264) por parte do professor, claramente, indicando deficiências nas explicações. Surge uma nova **resposta** (265) que tem bons indícios para ser aproveitada para a intenção de construir o conceito de acreção. Porém, outra oportunidade perdida e, assim, o professor **fornece pistas** (266) para o caminho de construção da idéia de acreção que visualiza no momento. A **resposta** (267) esperada e novo **fornecimento de pistas** (268) para chegar na **resposta** (269) que aponta a

aglomeração. Em seguida, direcionando a generalização do processo de acreção a professora **fornece informações** (270 e 272) utilizando a analogia da fundição do ferro, aliás analogia que foi correspondida com a **resposta** (271): magma. Então, novo **fornecimento de pistas** (272) para escutar a **resposta** (273) indicando o aumento de volume pela acreção de material.

A minha opção para aprofundar a idéia de acreção foi os meteoros: "*Imaginem o que acontece se dois meteoros se chocam?*". Isso deu margem para as respostas de explosão e espalhamento de pedaços e, também, para a idéia de formação de magma e acreção. Como o primeiro tipo de resposta é muito parecido ao que estávamos discutindo sobre a origem do Universo, teria sido necessário, para evitar confusões de compreensão, diferenciar as explosões dos choques de meteoros da do BIG-BANG. Sobre o segundo tipo de resposta (formação de magma e acreção), os professores, como já foi dito, não conduziram a contento a interação. Teria sido fundamental concluir que o choque de meteoros provocou ao longo dos processos de formação da Terra o magma em seu interior e, com isso, discutir definitivamente que a 'prova fatural' da 'teoria' da bola de fogo também serve para a visão de acreção. Já, com o tipo de resposta como a do Fernando: "*Vai aumentando, aumentando cada vez mais*", seria interessante aproveitá-la para fechar de bom modo a noção de acreção enfatizando o mais importante: aumento de volume.

Ao final da aula, creio que seja interessante apontar aspectos favoráveis e desfavoráveis no papel mediador dos professores, realçando as principais conceituações por eles promovidas no tocante à construção das idéias dos alunos sobre a formação do Universo.

Durante toda a aula conviveram, pelos menos, três visões sobre a formação do Universo: a dos professores, a do Daniel - explosão com a aproximação de um meteoro ao Sol e 'teoria' da bola de fogo e a do Alex - explosão da nuvem e 'teoria' da bola de fogo. Não tão significativa foi a idéia do buraco negro que poderia ter explodido. Pelo desenvolvimento da aula debate, notam-se alguns dos momentos da mediação dos professores que levaram a essa convivência de idéias até o final da aula. No início da aula, os professores adotaram a postura de ir explicitando aquelas idéias dos alunos contidas nos questionários, colocando-as em conflito através de um discurso opositivo-argumentativo. No entanto, a principal e primeira questão foi o próprio problema da origem do Universo. Logo de início, a questão surgiu porque origens diferentes refletiam visões diferentes sobre toda a formação do Universo. Sem deixar claro esse aspecto, a primeira conceituação promovida com o discurso IRA foram as

explosões e, daí, com muito mais dificuldades, recorrendo em demasia ao fornecimento de pistas e utilizando o discurso IRA, os professores continuaram a discutir as causas da explosão. Nesse contexto, aproveitando de uma das defesas do Alex sobre suas idéias, os professores promoveram a idéia de que alguma coisa vai se comprimindo, aumentando de temperatura e pressão e depois explode. Todavia, continuaram a não discernir o que explodiu.

Parece-me bastante favorável o aspecto dos professores terem começado com a construção do conceito de explosões. No entanto, dois aspectos desfavoráveis merecem ser apontados: o primeiro foi o de não darem continuidade ao processo de explicitação das idéias dos alunos através de solicitações de explicações, reespelamentos e, se necessário, reconduções e, o segundo de não fazerem os esclarecimentos necessários durante o próprio andamento da aula. Isto porque, o mais importante teria sido explicitar o conflito de que as idéias diferentes sobre a origem do Universo iriam continuar ao longo dos debates, e que somente as próprias controvérsias poderiam colocar os pontos nos 'is'. Desse modo, tais noções talvez pudessem conviver ou até convergir para apenas uma visão.

Todavia, atuando de modo muitas vezes contraditório, apostando e até acreditando que as idéias que brotassem das cabeças dos alunos seriam as mais 'legítimas', e, por outro lado, não deixando claro o conflito, e estando sempre preocupados em ter o controle do rumo do debate, utilizando sem a devida clareza a estratégia do conhecimento implícito e pressuposto, os professores só poderiam ter se sentido inseguros frente aos conflitos com Daniel e Alex. Talvez, se tivessem atuado como acima visualizamos, os professores teriam enfrentado sem improvisos os inevitáveis conflitos, e toda a negociação de significados porvir poderia ter sido melhor equacionada.

Possivelmente, tal caminho não levasse à geração de dois outros momentos na aula que foram os conflitos com a 'teoria' da bola de fogo. O primeiro ocorreu na discussão sobre a expansão da nuvem como efeito da explosão e o segundo, no debate sobre a formação da Terra. Aliás, tal debate deveria ter sido sobre o Sistema Solar, mas as interações estabelecidas levaram-no para a origem da Terra. Pontuo, aqui, que o não discernimento pelos professores dessa mudança de rumo, provavelmente causará reflexos na elaboração das histórias dos alunos sobre a formação do Universo. Voltando à controvérsia da origem da Terra, o que os alunos levantaram foi extremamente plausível: se o interior da Terra apresenta lavas, material fundido, etc, como a Terra não é um pedaço da explosão em fogo que se esfriou? Se, para o

primeiro momento, até encontramos explicações para o aspecto desfavorável da mediação dos professores, o mesmo não ocorre para o segundo, pois o debate já estava por demais avançado, e várias informações haviam sido postas em discussão. Por exemplo, no segundo momento, unindo a idéia de choque dos meteoros, que foi parcialmente aproveitada, com a analogia do imã, surgida para explicar o papel de atração gravitacional, poderíamos ter concluído que, ao longo dos processos de formação da Terra, o choque de meteoros provocou o magma em seu interior e, com isso, ter discutido que a 'prova fatural' da 'teoria' da bola de fogo também serve para uma outra visão, a da acreção e, com isso, ter enfraquecido o principal argumento dos alunos. Para isso, claro, não é possível fazer previsões agora, mas bastaria ter prosseguido com a própria dinâmica instaurada nos diálogos sobre a formação da Terra com, principalmente, fornecimento de pistas, interrelacionado melhor o choque de meteoros com o papel da atração gravitacional e, depois, gerando contraposições com as idéias da bola de fogo.

Voltando ao primeiro momento, uma das analogias mais frutíferas da aula ocorreu ali. Justamente após os professores não terem convencido os defensores da 'teoria' da bola de fogo de que após a explosão e durante a expansão não surgiram as bolinhas de fogo. Da informação de que as bolinhas teriam expandido com altíssima velocidade, surgiu a analogia do flash que originou a idéia de nuvem brilhante. Aqui ocorreu um confronto interessante: se a nuvem cósmica brilhante foi posterior ou anterior à explosão. Se durante os diálogos chegou-se à conclusão de que a nuvem foi posterior, quando do fechamento da seqüência interativa, Daniel deu o tom, expondo que com a velocidade gigantesca da expansão surgiram atritos, faíscas, etc que geraram as bolinhas de fogo se espalhando e constituindo a nuvem brilhante. Como os professores deixaram sem comentários essa fala, parece-me que a idéia do flash e, conseqüentemente, da nuvem brilhante ficou enfraquecida. Eles deveriam ter remodelado essa intervenção ou, supondo que a explicitação das visões em conflito estivessem na mesa, teria sido necessário pontuar que aquelas idéias se ajustam à visão do Daniel e, daí, com contraposições ou fornecendo informações, esclarecer a expansão da nuvem brilhante para a visão dos professores.

A decisão dos professores de não colocarem o quadrinho representando o fenômeno divergente da explosão na apresentação e discussão do modelo de formação das galáxias parece-nos adequada pois, caso contrário, tal representação poderia se limitar a um simples e fácil símbolo para os alunos memorizarem. Assim, ao utilizarem-no, poderiam dar a impressão

de que as idéias sobre o que explodiu estavam claras, o que obscureceria, ainda mais, os aspectos desfavoráveis da mediação dos professores. Diante do contexto instaurado, acredito que foi adequado os professores conduzirem apenas para a compreensão dos conceitos condutores, e aceitarem a convivência de pelo menos três visões sobre a formação do Universo.

É inegável que o modelo se concretizou como um suporte lógico para a compreensão da aula e, por decorrência, para a expressão das idéias dos alunos. Do ponto de vista conceitual, o modelo foi fundamental para a compreensão do papel da atração gravitacional e do padrão expansão  $\Rightarrow$  aglomeração. A partir disso foi possível, decifrando os raciocínios de causalidade, compreender o sub-padrão: atração gravitacional  $\Rightarrow$  aglomeração. Isso foi conseguido de modo adequado graças a uma atuação decisiva dos professores com solicitações de explicações e reconduções do 'olhar' dos alunos sobre o modelo. Já o outro sub-padrão do modelo explosão  $\Rightarrow$  expansão, ficou prejudicado com a omissão intencional do primeiro quadrinho. Este ficou apenas subentendido no início da introdução do modelo, com a recapitulação feita do final da primeira parte da aula. No entanto, essa recapitulação poderia ter sido muito mais fácil se, na devida parte da aula, os professores tivessem compreendido que a noção cotidiana de energia dispersada por explosões levaria ao conhecimento do padrão explosão  $\Rightarrow$  expansão.

Friso, ainda, dois aspectos importantes do debate: as analogias com o ácaro e com as divisões administrativas para tornarem mais perceptíveis as escalas espaciais astronômicas.

Finalizando, podemos dizer que o cerne das discussões foi o conflito das idéias dos professores com, pelo menos, duas outras idéias mais estruturadas (Daniel e Alex). É claro, que o ponto de vista dos professores era a teoria do Big-Bang e nebulosa solar. Porém, nós utilizamos dois conceitos organizadores para propiciar a ponte das noções dos alunos com o conhecimento científico. Nós não tentamos a todo custo aproximá-los de nossas concepções científicas. Para nós, o mais importante nunca foi apenas ganhar mais adeptos à nossa visão mas, sim, que eles entendessem alguns dos processos básicos existentes no Universo. Até porque esses processos são utilizados por cada teoria de modo peculiar e, algumas vezes, de modo bastante semelhante. Sobre esse tema, os pontos de vista científicos são vários. As idéias dos alunos tinham uma razoável coerência, e nós estávamos aproveitando-as de alguma maneira, procurando reorganizá-las e aproximando-as da teoria científica. Isso não significa

que não cometemos deslizes pois, em vários momentos já apontados durante a descrição da aula, nós não conseguimos demonstrar para os alunos as incoerências e fraquezas da 'teoria' da bola de fogo. Por outro lado, seria incoerente, pelos aspectos apontados, encerrarmos a aula com a nossa 'verdadeira' teoria, embora acredite que poderíamos ter pontuado a existência dos conflitos.

Todos esses aspectos favoráveis e desfavoráveis da aula debate devem ter sido determinantes na tarefa dos alunos elaborarem uma história sobre a formação do Universo. O meu objetivo era que a evolução das idéias dos alunos e os aspectos mais relevantes da aula debate pudessem ser evidenciados pela análise de tal atividade. E, é isto o que procurara apresentar no capítulo a seguir.

## Capítulo III

As histórias dos alunos sobre a "formação do Universo"



Sem dúvida, na aula debate, pudemos compreender muito do pensamento dos alunos a respeito do tema e já ter uma certa avaliação positiva sobre o objetivo de se ensinar um conteúdo bastante abstrato para esse nível escolar. Para realizar, de fato, uma análise mais acurada sobre esse objetivo, acredito que a atividade posterior à aula, quando os alunos fizeram uma história escrita e desenhada da origem do Universo até a formação do Sistema Solar, é fundamental pelo menos por três motivos.

Primeiro, somando à exaustiva análise já feita do discurso em sala de aula poderemos contar com outras formas de expressão, a narrativa escrita e os desenhos, para interpretar as idéias dos alunos. Reforço esse motivo e aponto, também, que é importante refletir sobre as últimas pesquisas mostrando o reinado da linguagem ou de uma cultura escrita no contexto educacional (Werstch & Minick, 1988, apud Pontecorvo et al 1992, p. 168). Estaremos mantendo o reinado da escrita e restringindo nosso olhar para novas potencialidades da cognição e do contexto escolar, se não atentarmos para pesquisas, como a de Gardner (1993), mostrando que para compreender a cognição humana, de modo adequado, é necessário incluir um conjunto de capacidades e competências muito mais vasto do que normalmente consideramos em nossas análises.<sup>14</sup>

Segundo, eu precisava fazê-los usar as novas idéias que estavam sendo ensinadas e, também, apresentar novos desafios. Desse modo, o estudante deveria enfrentar certas situações adequadas a fim de permitir a reutilização de algo supostamente aprendido. 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

---

<sup>14</sup> Gardner (1993) defende a existência de uma diversidade de inteligências, ou seja, existiria a inteligência lingüística, a musical, a lógico-matemática, a espacial e a corporal-cinestética.

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.

Como terceiro motivo, sendo as narrações e os desenhos produções dos alunos, estas podem, em maior ou menor grau, refletir o que eles aprenderam da aula debate. Portanto, ao analisá-las, estarei avaliando em que medida os alunos incorporaram as idéias trabalhadas na aula. Nesse sentido, espero evidenciar o que eles compreenderam sobre o tema "A formação do Universo", ou seja, se as idéias dos alunos avançaram, ou não. Finalmente, ao interpretar aspectos possíveis da evolução da aprendizagem dos alunos no transcurso da unidade temática, acredito que estarei identificando, também, tanto os momentos mais importantes de tal evolução como os bloqueios e regressões que a dificultaram, relacionando-os com as posturas, discursos e interações que caracterizaram a mediação dos professores.

Para o meu intento, acredito que será necessário relembrar a atividade efetivada. Assim, quinze dias após a aula debate, solicitamos a atividade 4 com a pretensão de utilizar, de maneira mais organizada, a maioria dos conceitos discutidos naquela aula.

A atividade 4 iniciava com o problema da origem do Universo e avançava para um tema apenas introduzido e não trabalhado na aula debate, a origem do Sistema Solar. Assinalo que, para os alunos, a origem do Sistema Solar será quase sinônimo de origem da Terra, devido aos problemas já apontados na mediação dos professores durante a aula. A atividade buscava sistematizar os conceitos desenvolvidos e junto com a solicitação da narração e dos desenhos 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.

Como eu acabei de escrever, buscava modos diversos de expressão e representação dos alunos. Na aula debate, trabalhamos muito com discursos narrativos, analogias e modelos e, na atividade 4, pretendia incentivar a narração escrita e a representação através de expressões gráficas.

Posto isto, antes de analisar as histórias dos alunos, semelhantemente à aula debate, acredito que para uma melhor compreensão, principalmente, das expressões gráficas dos alunos, é necessária alguma fundamentação para tentar uma melhor descrição e interpretação das mesmas.

### **A narração e o desenho como expressões das idéias dos alunos sobre "A formação do Universo"**

Desde a aula debate, já estou discutindo sobre a narração. Lá, o contexto e o conteúdo das Geociências determinaram um discurso narrativo sucessivo-causal. Aqui, não estamos fora do conteúdo de Geociências, mas o contexto é de redação de uma história pelos alunos. Desse modo, gostaria apenas de frisar algumas das idéias do livro coordenado por Scott (1992), com as quais concordo: 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.

Com relação ao desenho tenho muito que discutir. Quando, no ensino de ciências, são utilizados desenhos, a justificativa básica é fazer emergir aqueles indícios interpretáveis que não apareceriam caso a expressão fosse apenas verbal. Pois, por vários motivos, as crianças apresentam limitações para expressar suas idéias falando e, principalmente, escrevendo. O escrito e as falas não expressam tudo o que elas pensam, daí a necessidade de ampliar o modo de expressão.

Mesmo do ponto de vista do ensino de ciências, parece-me restrito o uso de desenhos apenas para ampliar o modo de expressão das crianças. Essa é uma postura que reforça o

reinado da linguagem verbal na escola. As crianças apresentam limitações do desenvolvimento cognitivo tanto em relação ao verbal quanto ao não-verbal. É notório crianças que se expressam bem verbalmente mas não desenham quase nada por deficiências de representação da perspectiva, da passagem da tridimensionalidade (o mundo) para a bidimensionalidade (o papel), etc, e vice-versa. Eu concordo com Francastel (1987) que ver é uma ação; o espírito não está passivo ao fazer o registro de uma representação que, além do mais, é diferente para cada observador. Daí, o problema a colocar-se é aceitar, quando se trabalha com o não-verbal, que o material visual não deve ser simplesmente olhado, mas sim, ativamente explorado (Barlex & Carré, 1985). Então, para levar em conta as ilustrações, os gráficos, os desenhos e outros recursos não-verbais, deve-se aceitar o quão fundamentais estes são para a compreensão das experiências e para os pensamentos mais abstratos. Para uma proposta didática de interação/comunicação com ênfase na utilização de conceitos abstratos e modelos, a função dos signos verbais e não verbais é igualmente relevante. Trabalhar com o não-verbal traz, provavelmente, muitos mais problemas de interpretações das idéias das crianças do que, erradamente pensa-se, auxílios no desvendar das limitações da escrita.

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>15</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, 1984a).

---

<sup>15</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 geral- (...) Assim, uma configuração nunca é percebida como apenas a forma de uma coisa particular, mas sempre como a de um tipo de coisa."*

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. Voltando então, às noções que Paschoale (op. cit.) apontou ao mostrar a mediação, por exemplo, do enunciado granito com a imagem de um granito. A percepção e concepção deste granito passará 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 indiciante dos signos, mostra o granito que o signo redobra ('granito' significa este granito e não outro). Perceber e conceber o granito também passará 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).

Para nossa sorte ou azar, no ensino de Geociências, o reinado do pensamento verbal dificulta uma aprendizagem significativa. Já foi devidamente apontado por Paschoale (1984a, 1988b, 1989 e 1990) e Bezzi & Pedemonte (1989) o intenso uso de índices (vestígios), ícones (imagens) e símbolos (verbal e não-verbal) para formular os construtos em Geociências. Apenas para confirmar a relevância do visual, Rudwick (1978) demonstrou que o estabelecimento da História Natural como Ciência só foi possível na segunda metade do século XVIII, junto com a elaboração dos primeiros mapas geológicos; nos preâmbulos da maioridade, foi insuficiente apenas a decodificação dos registros deixados nas rochas e nas estruturas geológicas. 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 (1984a) com o exemplo do granito que acabei 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. Nenhum decímetro quadrado do afloramento é exatamente igual a outro. Admitir a existência de padrões e repetições é, necessariamente, fixar graus de importância relativa para as diferentes feições. Mais simplificarmente, certas feições podem ser consideradas significativas enquanto outras são rejeitadas como casuais ou acidentais. Somente desta maneira é recuperada a ordem no caos. Mas, sobre quais bases podem tais distinções ser legitimamente traçadas? Qual racionalidade pode ser apresentada para tal violação da natural democracia das rochas? A pesquisa da ordem é levada a cabo devido à convicção do geólogo. A partir daquela ordenação, podem surgir evidências sobre a origem e história das rochas e da própria Terra. Mais especificamente, é a sua crença que materiais específicos e padrões de distribuição deles dentro das rochas são a concretização de mudanças ambientais através do tempo, uma história na qual as rochas se provocadas de maneira certa, podem ser persuadidas a revelar."* (1988, p. 307). *"(...) É nesta confrontação de substâncias das rochas com processo e história que se pode descobrir a definição da essência delas."* (1988, p. 308).

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

O autor justifica suas idéias. Para desenhar ou criar um esquema, deve-se olhar, ver e tomar decisões. Uma imagem desenvolve-se. Existe um contínuo questionamento e resposta, avaliação e reavaliação. Quão grande é isto comparado com aquilo? Os contatos são bruscos ou gradacionais? Contínuos ou interrompidos? Paralelos ou interceptados? 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 ver, que a visão torna-se acurada.

Parece claro que apenas a linguagem escrita não dá conta da complexidade das representações das explicações em Geociências. As escalas espaciais e temporais 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. Como foi

mencionado, 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 exatos, 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: a curvatura e compactação das dobras, a maneira na qual as camadas espessam e afinam e terminam, a distribuição e orientação de minerais isolados ou agregados minerais."* (p. 308). Eu pergunto 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, do que o 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, a realização de atividades com padrões espaço-temporais, modelizações e suas respectivas discussões são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Cabe esclarecer algumas idéias sobre a intrincada dialética entre o racional e o intuitivo. Concordo com Arnheim (1987) 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 ao pensamento -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 (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 análise intelectual 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 (perceptivo) envolve o reconhecimento ou a criação de formas, sem considerar os elementos que as compõem; o outro (lógico) envolve a abstração e a manipulação de elementos sem considerar as formas às quais estão combinados<sup>16</sup>.

Complementando um pouco mais as idéias sobre a Geologia, ela é casada, em última instância, com o abstrato, com a história. Segundo Paschoale (1990), uma explicação histórica é apenas suposta, não 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>17</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.

O que direciona o olhar do geólogo são as suposições, 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?

---

<sup>16</sup> Para mim, 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 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>17</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.

Essa forma (uma ocorrência concreta), que é o nosso objeto de investigação, é sempre um índice<sup>18</sup> que potencialmente indica um processo, mas qual? Há vários vestígios que não 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>19</sup> que embute códigos que desvendam 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 (que eu utilizo na aula) da formação do Universo, o

---

<sup>18</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>19</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.

Para que tal interpretação seja possível, está claro que não basta somente a linguagem verbal, mas é necessário um desenvolvimento aguçado de todas as funções semióticas: todos os tipos de sinais, imagens, formas, modelos etc. Ao lado disso, na elaboração de hipóteses explicativas dos processos geológicos, destaca-se o raciocínio histórico-comparativo no qual predominam operações como comparações, correlações, correspondências, seqüenciações causais, similaridades, etc.

Pensando no ensino de Geociências, o desenho é uma forma de expressão corriqueira. 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 a Geociência compartilha 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.

As características anteriores são o limitante para se ensinar Geociências na escola fundamental e, ao mesmo tempo, o desafio. O apaixonante desta pesquisa é 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, porém com uma preocupação em esquematizar e simplificar o conteúdo a ser ensinado. Por exemplo, na aula debate, optei pelo modelo. A quarta dimensão, o tempo, é representada pelos quadrinhos que dão a noção seqüencial temporal: o contínuo; já a junção deste artifício com uma simplificada representação espacial permite o entendimento do padrão: explosão  $\Rightarrow$  aglomeração. 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>20</sup>. Desse modo, o modelo apresentado requer todo um contínuo passo da

---

<sup>20</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).

imagem ao conceito e, deste, às hipóteses explicativas que, por sua vez, retornam à imagem e, assim por diante.

É evidente que, de novo, estou esbarrando na semiótica, a 'forma fixada' é um índice, os modelos são icônicos e simbólicos e por aí vai... Uma pesquisa em Educação e Geociências é interdisciplinar e são necessárias algumas incursões em áreas quase que totalmente desconhecidas. Para o pesquisador, é difícil captar em cada uma das diferentes áreas o essencial para o desenvolvimento de uma pesquisa em ensino. Porém, não existe outro modo. Espero analisar as narrações e desenhos dos alunos sem causar muitos estragos na semiótica, até porque o conteúdo será a peça chave para a análise. Por isso, também, apenas esbocei uma discussão psicológica do intuitivo X racional, não havendo necessidade de abrir caminhos mais profundos nesse sentido. Com isso, quero dizer que serei bastante utilitarista desses domínios, agora, não tão desconhecidos para mim.

É incrível, mas os próprios alunos deram-me uma pista para o casamento entre o verbal (narrativo sucessivo-causal) e o não verbal (desenho). A pista é a história em quadrinhos que, alguns deles, espontaneamente utilizaram para realizar a atividade proposta.

Segundo Cagnin (1975), a história em quadrinhos 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, já os desenhos se incumbem de singularizar e concretizar a narrativa através de personagens, cenários e movimento.

Segundo o autor, fica mais fácil compreender a função de complementaridade dos sistemas envolvidos nas história em quadrinhos. O elemento verbal tem amplo poder de representação no vasto campo das classes conceituais, já o elemento visual está revestido da imensa riqueza da representação do real<sup>21</sup> com características individuais. Este tem maior poder de singularizar e aquele de generalizar a trama narrativa.

---

<sup>21</sup> Para além dos limites da palavra e de todo substrato verbal, a imagem figurativa vive um drama que é só seu e que tem alimentado a sua existência nos últimos séculos: a resolução sempre impossível do problema da analogia, no intuito renascentista de produzir um código de representação que se aproximasse cada vez mais do 'real' visível, que fosse o seu análogo mais perfeito e exato. (Machado 1983 p 18)

Existe, também, toda uma área de pesquisa sobre as histórias em quadrinhos, onde eu não precisarei adentrar profundamente porque os desenhos de meus alunos, quando realizados, são histórias em quadrinhos com legendas, o que, como veremos, simplifica bastante a análise.

O interessante é que a história em quadrinhos ou modelo em quadrinhos como eu utilizei, conjugam bem o verbal e o visual. Aqui nós estamos no campo da representação e imitação. Inspirando-se nas idéias de Cagnin (op. cit.), o quadrinho transforma-se em uma unidade narrativa mínima e, 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 de meus alunos, a trama das relações de causalidade é expressa pelo visual e pela escrita que passa a ser tipicamente uma legenda, um elemento externo à ação, como uma voz quase impassível do narrador. O interessante é que o visual, que primariamente é icônico, em

alguns casos se transforma em simbólico, por exemplo, a convergência  será representativa da acreção e o inverso, a divergência, da explosão.

Voltando um pouco à discussão sobre a unidade mínima de análise, parecem-me interessantes as idéias de Cagnin (op. cit.) de que a unidade mínima da linguagem visual deveria ser a figura (segundo a *gestalt* é a área delimitada pela linha de contorno) que é o constituinte básico dela. A figura, assim concebida, é uma unidade construída como a palavra na linguagem verbal. Para o autor, como uma imagem ou figura é desenhada ou percebida num quadrinho, que lhe serve de fundo, ele propõe que o quadrinho seja considerado a unidade narrativa, mesmo que o quadrinho tenha mais de uma figura, e apesar das dificuldades de se fazer essa segmentação.

Como lidar com a unidade mínima da narrativa será um problema tanto para mim como, segundo Cagnin, para o leitor da história em quadrinhos. O problema é mostrar como da significação de cada imagem nasce a significação da seqüência.

Como para o leitor, ao se juntarem duas ou mais imagens, estabelece-se uma comparação entre formas percebidas (identificação, qualificação, função)<sup>22</sup> na leitura de cada uma. A própria ordem da leitura das imagens, uma após a outra, gera o conceito de tempo, de sucessão, de um antes e um depois. Seria o que venho discutindo, no discurso verbal, como narrativo sucessivo. Já a relação lógica de causa e efeito não é dada apenas pela leitura sucessiva como Cagnin acredita. 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, acredito que seja necessária a leitura e releitura de todos os quadrinhos dando a devida atenção às legendas, bem como da própria narrativa escrita.

Posto isso, penso que ao descrever e interpretar mais acuradamente as produções dos alunos, o que farei a seguir, estarei, inclusive, analisando melhor o conteúdo e o ensino, peças-chaves da aprendizagem.

### **Discutindo a aprendizagem dos alunos 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 da instrução dada 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 da 'teoria' da bola de fogo ou, um outro rumo.

Relembro que, de um certo modo, eu já venho, ao longo da própria aula, assinalando os avanços e retrocessos das interações professor-aluno em relação a esses quatro aspectos. A diferença é que, agora, analisando as produções dos alunos, a mediação dos professores não será vista em ação, mas refletida, quase como um espelho, através das estórias.

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

---

<sup>22</sup> Para Cagnin (1975), o surgimento do significado de uma imagem fixa obedece a três fases: i. Identificação (relação imagem/realidade); ii. Atribuição qualificativa (conjunto de enunciados descritivos); e iii. Atribuição dinâmica (conjunto de enunciados narrativos).

todo interligado. Na medida do possível, só separo 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 trato o 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 e, quase como se fosse uma decorrência da análise conjunta dos dois aspectos anteriores, soma-se a direção tomada pela estória, se no sentido da visão dos professores, ou da 'teoria' da bola de fogo, ou de um outro rumo. Desse modo, estarei respondendo o que expressam as produções dos alunos e, também, do que eles incorporaram da aula<sup>23</sup>.

Assim, com base nas estórias produzidas pelos 18 alunos, elaborei o Quadro 3 onde as idéias prévias de cada aluno e a evolução conceitual foram sintetizadas. Para tal síntese, parti das idéias de cada aluno antes da aula (idéias examinadas no questionário inicial e no trabalho de grupo) somente com referência à pergunta: Como surgiu o Universo? Em seguida, listei 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).

Além disso, procurei 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, fiz 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.

Sobre a qualidade narrativa, para verificar se as estórias apresentam uma unidade narrativa, em primeiro lugar, coube ver como elas articulam a escrita e o visual. Das produções existentes, teremos as histórias em quadrinhos com legendas (HQI), a narração escrita associada a HQI e as narrações escritas com ilustrações de desenhos. Para verificar se existe

---

<sup>23</sup> A aula foi descrita através de 3 fases que são: i. o processo explosivo de origem do Universo; ii. o papel da atração gravitacional; e iii. a formação da Terra.

uma unidade narrativa na escrita, basta apenas ver o encadeamento feito com o conteúdo estudado. E isso, de um certo modo, já foi iniciado com as análises anteriores. Com os desenhos, precisarei recorrer ao trabalho de Cagnin (1975). Ele 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). O exposto de Cagnin ficará mais claro quando depararmos com a sua utilização para explicar um desenho. Então, na escrita e nos desenhos verificarei a unidade narrativa, inclusive, entre ambos.

Para verificar o tipo de padrão espaço-temporal que os alunos expressam em seus raciocínios, e a presença de algum tipo de representação de escalas astronômicas, 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** e deste poderíamos decompô-lo em dois outros sub-padrões: **explosão  $\Rightarrow$  expansão** e **atração gravitacional  $\Rightarrow$  aglomeração**. Procurarei identificar nos desenhos esses padrões, junto com a possibilidade dos alunos se depararem com a necessidade de usarem artifícios de representação para deixarem mais claras as gigantescas escalas espaciais que estão em jogo.

Baseando-me neste detalhamento, analiso a produção de cada aluno, registrando a presença ou a ausência dessas capacidades, o que é acrescentado ao Quadro 3.

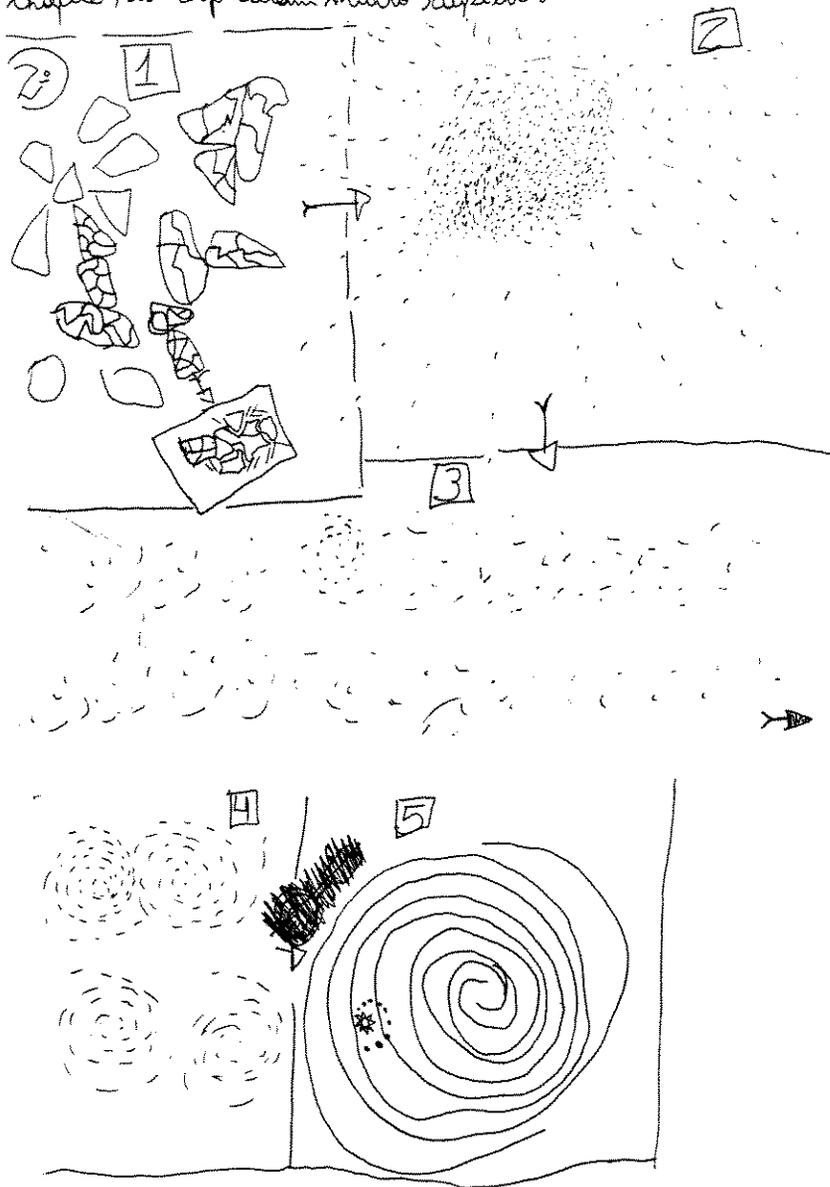
Ao interpretar os dados registrados neste Quadro, agrupando os alunos com características semelhantes, tornou-se possível classificar os alunos em quatro grupos distintos. Designo de **grupo 1**, os seguintes alunos: Luís, Juliano, Alexandre (dados registrados no Quadro 3.1A) e Daniel, Alex, Moacir, André Luiz e Tábata (no Quadro 3.1B). O **grupo 2**, dados no Quadro 3.2, é composto por: Edna, Roseléia, André Roberto e Surian. O **grupo 3** é composto pelos alunos: Eric, Karen, Telma e Viviane, cujos dados são vistos no Quadro 3.3 e o **grupo 4** por: Tatiana e Alessandra com os dados no Quadro 3.4. A seguir, passo a detalhar e discutir os quadros juntamente com os desenhos produzidos por cada aluno. Esses desenhos serão apresentados preferencialmente na página imediatamente antecedente à análise da produção de cada aluno.

Quadro 3.1 A - Síntese das produções dos alunos do grupo 1

ALU- NOS	IDÉIAS PRÉVIAS		PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA				CAPACIDADES COGNITIVAS ATINGIDAS			
	QUESTIONÁRIO INICIAL	TRABALHO DE GRUPO					NARRATIVA		PADRÃO ESPAÇO TEM-PORAL	ESCALA ASTRO-NÔMICA
	Como surgiu o Universo?	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?	Unidade	Tipo		
<b>Luis</b>	explosão dos buracos negros	astro maior que o Sol que explodiu	explosão de um astro ou da matéria cósmica que sofreu junção e compressão	expansão da nuvem brilhante de poeira cósmica	junção por atração gravitacional giratória	junção por atração gravitacional giratória e resfriamento rápido em um choque	boa	suces siva-causal	presente	presente
<b>Juliano</b>	explosão da nuvem brilhante	astro maior que o Sol que explodiu	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	boa	suces siva-causal	presente	presente
<b>Alexandre</b>	não compareceu a esta aula	não compareceu a esta aula	nuvem cósmica que se comprimiu e explodiu	espalhamento de muita matéria com velocidade	a força da gravidade atraiu e juntou num movimento espiral pedaços de matéria	dentro das galáxias os pedaços de matéria foram se batendo, se aquecendo e se juntando formando os planetas	boa	suces siva-causal	presente	presente

1º A formação do Sistema Solar

Conexão a formação do sistema solar com a explosão de um astro, que formou uma nuvem brilhante de poeira cósmica, que se expandiu, e foi se juntando por uma atração gravitacional giratória e formou a galáxias e os sistemas solares que se resfriaram em um choque, e resfriaram muito rápido.



- 1 Junção e compressão;
- 2 Explosão e formação da nuvem cósmica;
- 3 Formação das galáxias;
- 4 Galáxias prontas;
- 5 Sistema solar pronto.

Fig. 1 - Estória do Luís (10 anos)

Redução: 50%

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~~ os bolos de matéria e se arredondando formando os planetas

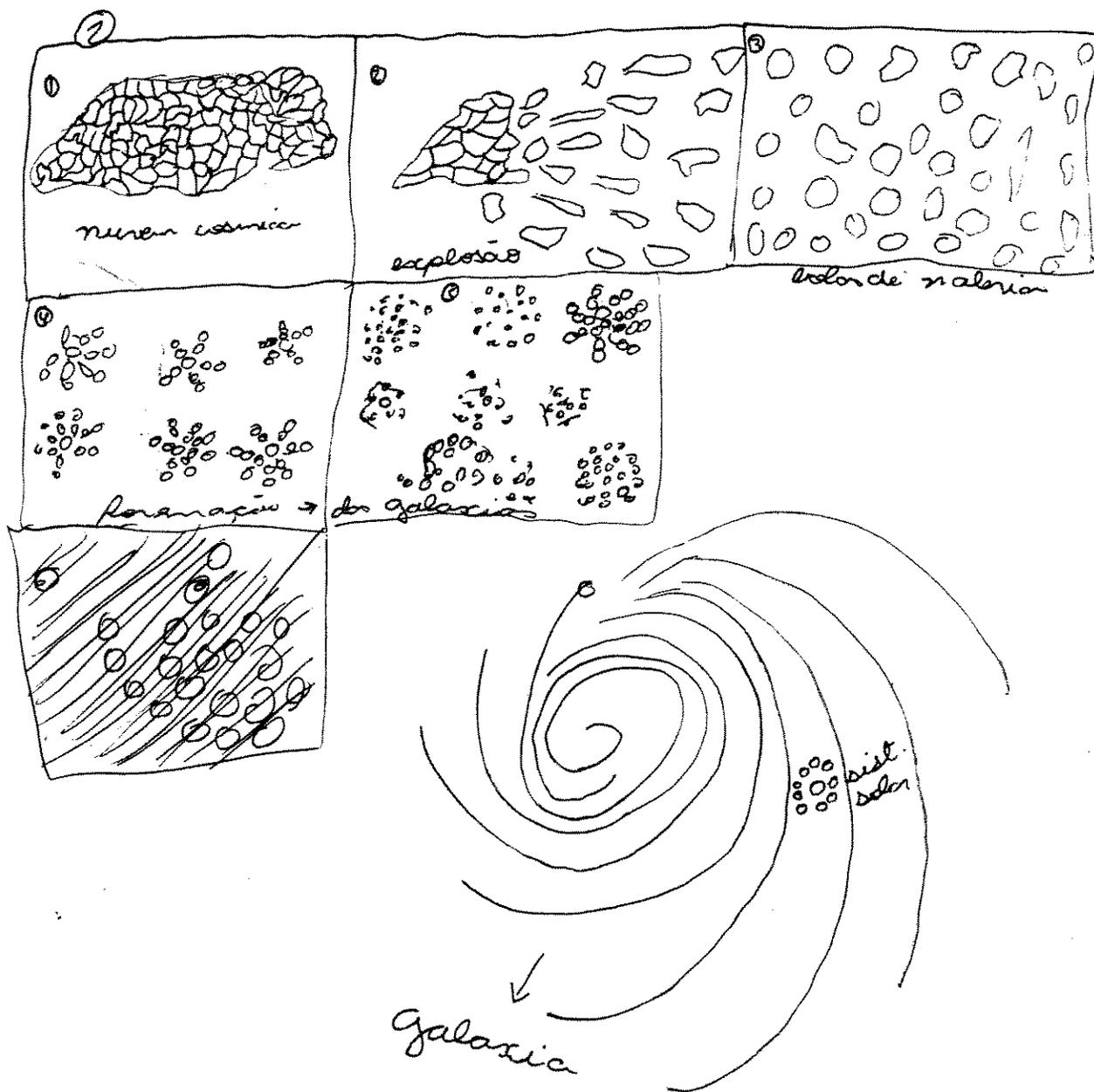


Fig. 2 - Estória do Juliano (11 anos)

Redução: 30%

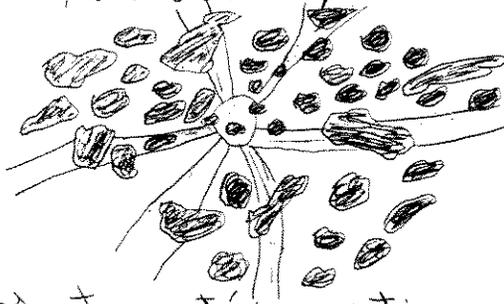
Conforme os critérios de análise definidos anteriormente, a consulta ao Quadro 3 revela os conteúdos contidos nas respectivas histórias, as idéias prévias dos alunos sobre como surgiu o Universo, o rumo tomado pelas histórias e as capacidades cognitivas atingidas.

Seguindo a ordem dos alunos listados no Quadro 3.1A, pode-se notar que Luís modificou sua idéia inicial de explosão de um buraco negro para a idéia do seu grupo: explosão de um astro muito maior que o Sol. Mas, pelo seu desenho reproduzido em página anterior, observa-se que há uma incongruência com a narrativa escrita pois, o que de fato, explodiu foi a matéria cósmica que sofreu antes junção e compressão. Na história do Luís, ocorrida a explosão, lê-se, claramente, através dos quadrinhos com suas legendas e a narrativa escrita, os seguintes passos: expansão e formação da nuvem brilhante, depois, como efeito da atração gravitacional e movimento rotacional, formaram-se as galáxias e o Sistema Solar. Na formação do Sistema Solar, atuou o resfriamento muito rápido e ao mesmo tempo choque entre a matéria cósmica. É uma seqüência muito próxima da científica.

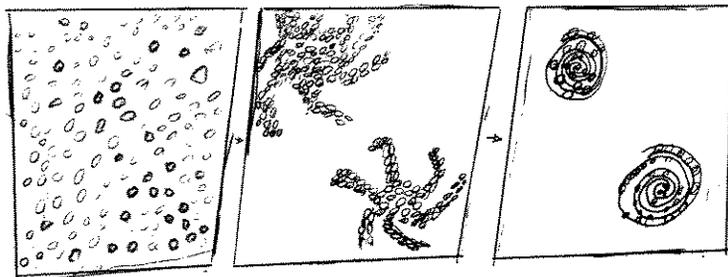
Juliano e Alexandre apresentam uma seqüência também próxima dos professores. Para os dois, o início foi a explosão de uma nuvem cósmica. Para o Juliano, essa nuvem é como se fosse um conjunto de matéria dividida em partes e justapostas que explodirá. Em seguida, estas partes tornam-se as bolas de matéria que se expandem. Depois sofrem os processos de atração gravitacional formando as galáxias e o Sistema Solar. E, neste, as bolas arredondam-se originando os planetas.

Na história do Alexandre, após a explosão, o primeiro desenho mostra os pedaços de matéria em expansão. O segundo ilustra o papel da atração gravitacional juntando esses pedaços para formar as galáxias. Depois dentro das galáxias os pedaços de matéria vão se batendo, se aquecendo e se juntando para formar os planetas. Em seguida, diz que o planeta Terra faz parte do Sistema Solar, ilustrando com um desenho, ficando a dúvida de como ele se originou. As idéias do Alexandre são reflexo da própria confusão instaurada na aula debate porque, lá, começamos discutindo a origem do Sistema Solar e acabamos, na verdade, debatendo a formação da Terra. Não ficou claro se a visão do Alexandre de acreção dos planetas se referia ao Sistema Solar ou à Terra. Talvez, por isso, houve uma diferença do Alexandre em relação ao Luís e Juliano referente à formação do Sistema Solar: nestes o raciocínio e a representação tornam-se claros e contínuos porque simbolizam a figura da espiral (galáxia) para incluir o Sistema Solar (últimos quadrinhos). Para o Alexandre, há um

A primeira coisa que ficamos sabendo foi que o Universo veio de um acúmulo de matéria ou melhor, uma nuvem cósmica que, pelo fato de ir se comprimindo com tanta matéria, acabou se explodindo.



Tanta matéria existia que, depois da explosão, com tanta velocidade, surge uma força muito forte que nós chamamos de força da gravidade. Essa força foi atraindo muitas pedações de matéria, num movimento espiral e foram se juntando, formando as galáxias. Veja nas ilustrações a incrível força da gravidade.



Dentro dessas galáxias, foram se juntando as pedações de matéria, com a pressão da latitude, as matérias se aqueciam ainda mais e se juntaram formando os planetas. Nós sabemos que existem no universo muitas, muitas, enfim, milhões de galáxias. A nossa galáxia chama-se Via-Láctea. O nosso planeta, a Terra, se localiza no sistema solar, o sistema dos planetas que giram em volta do sol para conseguirem se aquecer.

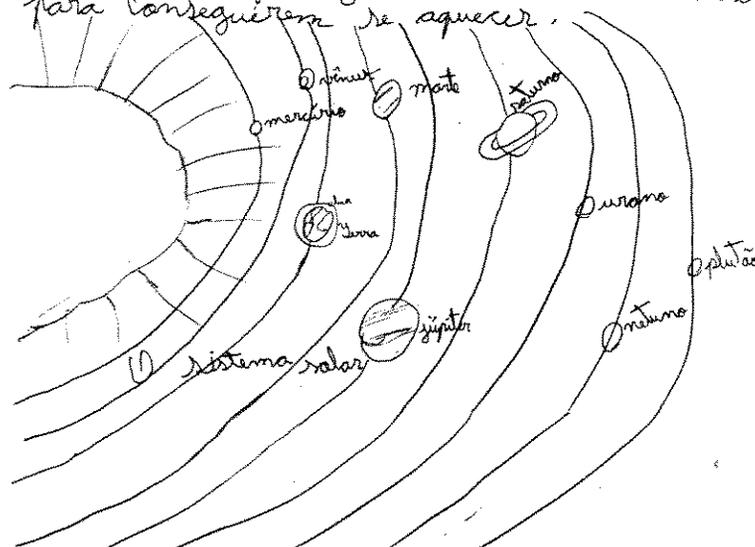


Fig. 3 - Estória do Alexandre (10 anos)

Redução: 50%

salto na representação das espirais (galáxia formada) para a simbolização do Sistema Solar e seus planetas. Inexiste uma pista, como nas estórias de Luís e Juliano, que há o Sistema Solar dentro da galáxia.

Pode-se dizer que as idéias prévias dos três não exerceram nenhuma influência significativa em seus desenvolvimentos conceituais. Em todas as estórias, o importante é que a matéria (nuvem cósmica para Alexandre e Juliano e matéria para Luís) sofreu um processo de compressão antes de explodir. O determinante não foi a idéia prévia, mas o conceito a ser utilizado, existente na própria pergunta (nuvem brilhante de poeira cósmica) e, principalmente, os conceitos desenvolvidos na aula debate. Nesta ficou a indefinição do que explodiu e passou-se a idéia de que alguma coisa existente vai aumentando de temperatura e pressão e depois explode.

Sobre a qualidade da narrativa, Alexandre faz uma narração com ilustração e, Luís e Juliano, fazem narrações com HQI. Nas três produções, as narrativas são sucessivas-causais. Nas estórias do Luís e Juliano, 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. Alexandre dá o tom através da narrativa escrita utilizando os desenhos como ilustrações.

A principal diferença de Alexandre e Juliano com o Luís é que parece que este apresenta um raciocínio mais abstrato. As diferenças de sua representação do quadrinho 1 (Q1) para o Q2, deste para o Q3 e do Q4 para o Q5 indicam um maior grau de simbolização, ou seja, os signos icônicos tornam-se convencionais e articulados (por exemplo: a divergência como explosão e o pontilhado como nuvem). Percebe-se que as figuras dos quadrinhos são variantes (por exemplo, as formas aparentes das figuras do Q1 são diferentes do Q2), onde a estrutura temporal e o discurso da narrativa são determinantes. A significação está na própria narrativa, onde as imagens entre os quadrinhos não representam pura e simplesmente o objeto, mas transformam-se em elementos do discurso. De modo diferente, nos desenhos de Alexandre e Juliano, há uma necessidade de expressarem 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. As bolas (Juliano) e os pedaços (Alexandre) continuam quadrinhos após quadrinhos (como elementos invariantes) até as galáxias (Alexandre) e o Sistema Solar (Juliano).

Quadro 3.1 B - Síntese das produções dos alunos do grupo 1

ALU- NOS	IDÉIAS PRÉVIAS		PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA				CAPACIDADES COGNITIVAS ATINGIDAS			
	QUESTIONÁRIO INICIAL	TRABALHO DE GRUPO					NARRATIVA		PADRÃO ESPAÇO TEM-PORAL	ESCALA ASTRO-NÔMICA
	Como surgiu o Universo?	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?	Unidade	Tipo		
<b>Daniel</b>	Explosão com a aproximação do meteoro ao Sol, expansão dos pedacinhos pegando fogo e esfriamento, formando, planetas, estrelas, etc...	'teoria' da bola de fogo conforme descrita na pergunta do questionário	pela atração gravitacional as matérias existentes comprimiram-se e explodiram	milhares de matérias espalharam-se com alta velocidade até que o atrito entre duas delas provocou outra explosão e aí bolas de fogo espalharam-se	as bolas de fogo esfriaram-se, só por fora, formando os planetas; estes foram atraídos pela força gravitacional de movimento rotatório originando as galáxias	galáxias têm um centro, todos os centros atraem os planetas para girarem em torno; como planetas, estrelas e Sol formam o nosso Sistema Solar, este é a nossa galáxia	boa	suces siva-causal	presente	presente
<b>Alex</b>	explosão de uma nuvem brilhante	astro maior que o Sol que explodiu	nuvem brilhante de poeira cósmica que expandiu e depois explodiu	bolas de fogo que se esfriaram formando os planetas	atração gravitacional e rotatória e formação de galáxias em forma de espirais		boa	suces siva-causal	presente	presente
<b>Moacir</b>	através de planetas e estrelas	'teoria' da bola de fogo	explosão pela aproximação de uma bola de fogo junto a nuvem cósmica brilhante	milhares de pedaços de fogo espalharam-se pelo espaço	os pedaços esfriaram-se e uma força igual a força gravitacional juntou-os formando as galáxias, depois, uma expansão formou mais galáxias		boa	suces siva-causal	presente	ausente
<b>André Luiz</b>	não respondeu	'teoria' da bola de fogo	nuvem brilhante que se esfria, com as partículas ficando sólidas e duras, e se comprime 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	boa	suces siva-causal	presente	ausente
<b>Tábata</b>	explosão de um grande meteoro ou planeta	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 (inferre-se que se formaram da atração gravitacional e movimento rotatório)	boa	suces siva-causal	incipiente	presente

A Formação do Universo

A milhões e milhões de anos atrás, pela atração gravitacional as matérias existentes foram se juntando, se comprimindo com alta pressão e temperatura.

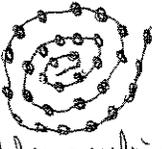
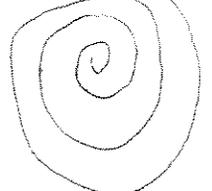
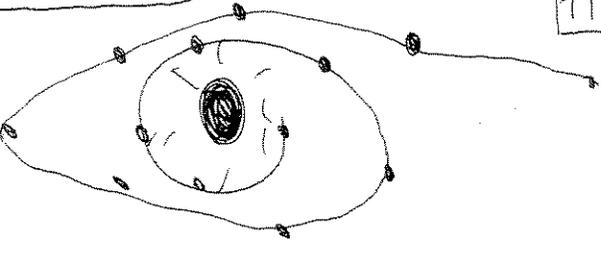
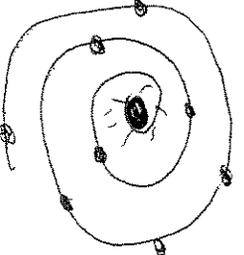
<p>1</p>  <p>as matérias foram se comprimindo;</p>	<p>2</p>  <p>até que comprimiu tanto que houve uma grande explosão</p>	<p>3</p>  <p>milhares de matérias foram se espalhando pelo universo.</p>	<p>4</p>  <p>até que duas matérias em alta velocidade se encontraram formando um explosão através do atrito.</p>
<p>5</p>  <p>da explosão através do atrito, milhares de bolas de fogo foram se espalhando pelo espaço.</p>	<p>6</p>  <p>as bolas de fogo se resfriaram totalmente só por fora mas não por dentro.</p>	<p>7</p>  <p>As bolas se resfriaram formando planetas, que foram atraídos pela força gravitacional de movimento rotatório.</p>	
<p>8</p>  <p>A força gravitacional de movimento rotatório foram dando origem as grandes galáxias.</p>	<p>9</p>  <p>Cada galáxia tem um centro e todos os centros atraem os planetas para girarem em torno de si mesmo.</p>	<p>10</p>  <p>Os planetas que não tem luz própria, absorve luz do sol. Pois o sol é o nosso centro e todos os planetas giram em torno do sol.</p>	
<p>11</p>  <p>As planetas, estrelas e o sol formão o nosso sistema solar.</p>	<p>12</p>  <p>O sistema solar é a nossa galáxia que é chamada Via Láctea.</p>		

Fig. 4 - Estória do Daniel (11 anos)

Redução: 20%

Dos quadrinhos do Luís nota-se o seguinte padrão espaço-temporal: aglomeração  $\Rightarrow$  explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. Já o padrão dos outros dois desenhos é: explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. A necessidade de um tipo de representação adequada para reproduzir fenômenos de escala espacial tão gigantesca é utilizada. No Q1, o Luís realizou a junção da matéria cósmica e depois, no Q2, adequadamente, muda o tamanho das partículas para representar a explosão e formação da nuvem cósmica e, também, do Q4 para o Q5 muda a representação da galáxia para assinalar o Sistema Solar. Esta mudança para representar o Sistema Solar dentro da galáxia é, também, realizada pelo Juliano do penúltimo para o último quadrinho. O Alexandre modifica a representação da explosão-expansão (1ª ilustração) para o modelo da atração gravitacional-aglomeração (2ª il.) e, deste, para o Sistema Solar.

Considerando agora as produções de Daniel e Alex, pode-se constatar pela consulta ao Quadro 3.1 B que as suas concepções prévias foram decisivas e influenciaram a evolução conceitual dos mesmos. Ambos apresentavam um conhecimento maior sobre o assunto; não eram palavras ou frases soltas, mas idéias bem encadeadas, coerentes e com 'prova' fatural: lava no interior da Terra. Daniel e Alex defenderam ardorosamente suas idéias sobre a 'teoria' da bola de fogo durante toda a aula debate mas, Alex divergia do Daniel em relação à origem do Universo, ele apresentava a idéia da expansão e explosão da nuvem cósmica.

O Daniel fez importantes reestruturações para ajustar, adaptar a sua visão diante das novas idéias surgidas nos diálogos. Ele manteve na essência as suas idéias. A sua produção mostra que ele descartou a aproximação do meteoro ao Sol e assumiu a versão da aula com a introdução de uma novidade: a atração gravitacional teria juntado, comprimido a matéria inicial que explodiu. Se é ela que atua na formação das galáxias porque não poderia ter atuado para comprimir a matéria inicial? Após a explosão, a matéria teria se expandido sem pegar fogo (Q3), a sua adaptação é que as bolas de fogo (Q5, a cor vermelha diz tudo) teriam surgido de uma (ou várias?) segunda explosão provocada pelo atrito e choque entre a matéria durante a gigantesca velocidade da expansão (Q4). Ajustou bem as suas idéias às críticas em relação à expansão das bolas de fogo. Em seguida, vem a defesa de sua base fatural que não foi questionada durante a aula: a existência de material fundido no interior da Terra. As bolas de fogo resfriaram-se totalmente apenas por fora (Q6, o vermelho, fora, e o preto, dentro, invertem-se). Depois foram atraídas pela força gravitacional originando as grandes galáxias. Nesta última passagem, realizou duas cognições importantes: (Q7) os planetas foram surgindo

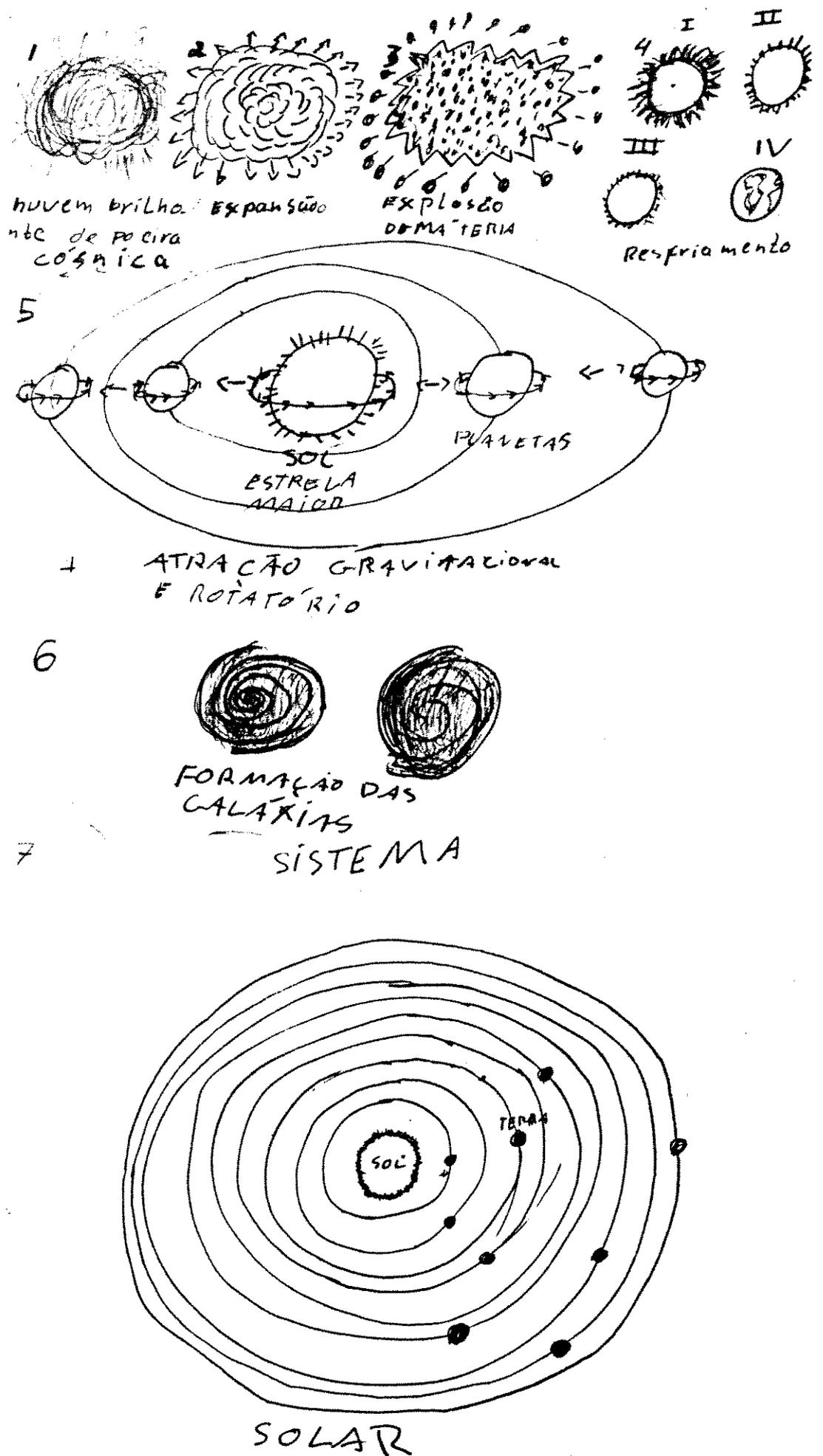


Fig. 5 - Estória do Alex (13 anos)

Redução: 50%

(as bolas esfriam-se -cor preta) já sobre a força gravitacional e configuram-se em espiral de cor vermelha; (Q8) como a mesma força gravitacional originou, também, as galáxias, utiliza o artifício da simbolização para diferenciar os diferentes produtos da ação gravitacional modificando a espiral para azul para indicar a galáxia. Durante a aula debate, o Daniel ficou impressionado quando descobriu que a galáxia também tinha um centro gravitacional como o Sistema Solar. Talvez essa seja uma pista para entender a continuidade de sua história em quadrinhos, quando (Q9) ele indica que a galáxia (azul) tem um centro e todos os planetas seriam atraídos por este. Daí, (Q10) ele modifica de novo a representação (volta ao preto e vermelho) para mostrar o Sol e seus planetas. Então, ele (Q11 e Q12) faz outra representação semelhante à do Q7, agora, para indicar o Sol no centro e os planetas formando a espiral e conclui: *"O Sistema Solar é a nossa Galáxia que é chamada Via Lacta"*.

A criação do Alex, a primeira vista, é confusa. Uma olhada na aula debate clarifica sua produção. Como o Daniel, seus desenhos são totalmente diferentes do modelo proposto e expressam suas idéias prévias. Quais sejam: explosão da nuvem brilhante de poeira cósmica causada pela própria expansão e o resfriamento das bolas de fogo para formar o Sistema Solar. Com estas idéias prévias, é possível entender os seus quadrinhos 4 e 5. Segundo sua defesa na aula debate, após a explosão, espalharam-se bolas de fogo. O Q4 (resfriamento da Terra) mostra o resfriamento delas que, posteriormente, (Q5, atração gravitacional e movimento rotacional do Sol e seus planetas) sofreram o efeito da atração gravitacional para formarem as galáxias (Q6). Então, dá um salto (Q7) para representar o Sistema Solar. Ele representou o resfriamento, a atração gravitacional e o Sistema Solar com símbolos conhecidos. A sua originalidade está em adaptar suas idéias, isto é, ajustar o resfriamento das bolinhas de fogo antes da formação das galáxias.

Moacir e André Luiz participaram do grupo do Daniel e nota-se que suas estórias são traspassadas pelas idéias da 'teoria' da bola de fogo. Pela estória do André, ficou marcante a idéia da explosão e espalhamento dos meteoros no espaço. Na estória da Tábata, o meteoro grandíssimo que explodiu é reflexo de suas idéias iniciais, que, inclusive, dominaram as do próprio grupo, e a metáfora do meteoro atraente, para explicar o papel da atração gravitacional na acreção, foi a sua intervenção mais importante na aula debate.

### A formação do universo

O universo se formou desse jeito:

Havia uma bola de fogo no espaço flutuando e de repente, estava se aproximando, uma nuvem brilhante de poeira cósmica perto da bola de fogo. A nuvem chegou bem perto da bola de fogo, era uma nuvem brilhante de poeira cósmica.

De repente ocorreu uma explosão, e milhares de pedaços de fogo se espalhou no espaço todo.

Depois os pedaços se esfriaram e uma força igual a força gravitacional juntou vários pedaços e formou as galáxias.

Logo depois ocorreu uma expansão e formou, mais galáxias, estrelas e planetas.

E assim formou o universo.

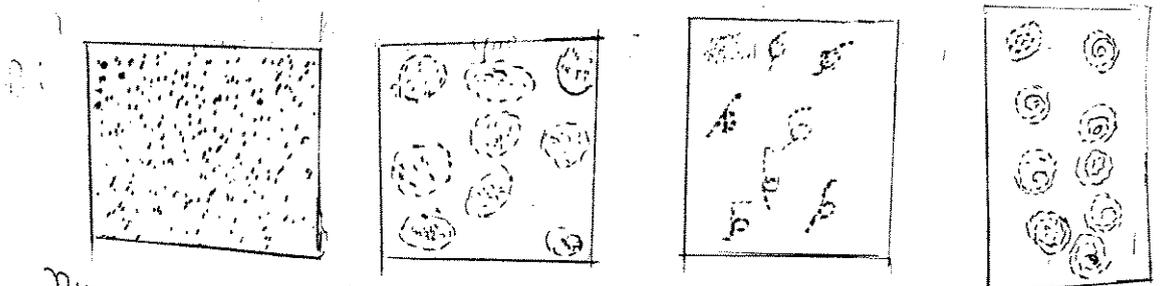


Fig. 6 - Estória do Moacir (12 anos)

Redução: 30%

## A formação do Sistema Solar

A formação do Sistema Solar foi através de uma explosão que houve de meteoros. É 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 vão se comprimindo e se explodem fazendo pequenas pedações de meteoros pela expansão da glorio assim formando o Sistema Solar.



A nuvem brilhante



que se resfria



que se explode



Jogando meteoros a todo canto



Formando o Sistema Solar

Fig. 7 - História do André Luiz (11 anos)

Redução: 20%

Moacir adapta a nuvem brilhante chocando-se com a bola de fogo para explicar a explosão, já que na sua visão anterior era entre o Sol e o meteoro. Após a explosão, milhares de pedaços espalham-se pegando fogo pelo espaço. Estes esfriam e a força gravitacional junta-os formando as galáxias. Este raciocínio pode ser seguido nos quadrinhos 1 a 3. Do Q3 ao Q4 há um salto para a representação do Sistema Solar, sem uma explicação de como ele teria se formado. Essa passagem brusca para o Sistema Solar foi feita, também, pelo Alexandre e Alex, e é passível a inferência de que ela seja indicativa de, pelo menos, uma cronologia dos fenômenos, ou seja, nos seus raciocínios, o Sistema Solar seria a última etapa. O Q5 (que representa o movimento rotatório) aparenta estar sem ligação com os demais.

A história do André Luiz indica o conflito ou a convivência de duas idéias. A idéia mais frágil, no momento da escrita, é a versão científica e, a mais sólida, a narrada pela sua última história em quadrinhos (HQ), fortemente influenciada pela 'teoria' da bola de fogo. 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 HQ 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 formaram o Sistema Solar. Pode-se extrapolar que, o que juntou e não deixou os planetas flutuarem no espaço, foi a atração gravitacional explicitada na visão científica inicial. Desse ponto de vista, o aparente conflito de idéias seria, na verdade, uma convivência.

Um aspecto marcante da história escrita da Tábata, é a preocupação em absorver na sua explicação todos os conceitos dados para serem utilizados, o que, aliás, lhe causou algumas confusões. O que norteou a sua produção foi a sua idéia prévia de explosão de um grande meteoro, que espalhou seus pedacinhos no espaço sem estar em fogo, e o momento único da aula para ela, 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. Este foi formando mais e mais planetas que deram

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

Uma explosão de um meteorito grandíssimo que explodiu e lançou seu pedacinho para todo o canto do universo. E esses pedacinhos foram atraídos para um pedaço de meteorito 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 buracos.

Essa grande meteorito que explodiu foi formada por matéria que se comprimiu com alta pressão e temperatura, e não aquecendo explodiu.

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

2- Demonstre sua história num desenho.

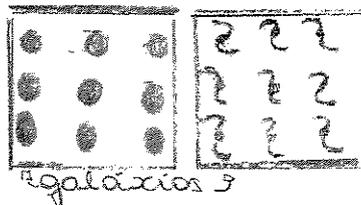
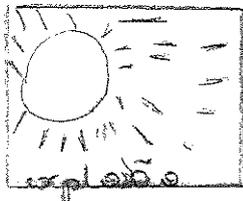


Fig. 8 - Estória da Tábata (11 anos)

Redução: 20%

origem às bolas gigantes, que ela interpretou como galáxias, e dessas foram se formando os sistemas solares. Para representar a origem das galáxias, Tábata utilizou e adaptou às suas idéias os quadrinhos B e C do modelo discutido na aula. Isso pode ser visto no alaranjado em forma de bola envolvendo as espiraisinhas do seu Q3. Das galáxias formadas (Q4) surgiu o Sistema Solar(Q5). Este é representado por uma grande espiral de cor azul, como as espiraisinhas do Q4. Pelo seu desenho, igualmente ao de Daniel, as galáxias e o Sistema Solar apresentam mesma forma, sendo incipiente, na cabeça deles, a diferença de tamanho. A história da Tábata é permeada pelas suas idéias prévias, porém ela é muito mais próxima da versão do professor do que da versão de Daniel e Alex, defensores da 'teoria' da bola de fogo. Já o Moacir e o André Luiz, pelas suas HQs, avizinham-se aos dois últimos.

As produções do Daniel e Alex são HQL, do Moacir e Tábata são narrações com HQL e do André Luiz tem uma primeira parte que é uma narração com ilustração e uma segunda que é narração com HQL. As histórias dos cinco são narrativas sucessivas-causais. Friso que, como Daniel e Alex fizeram HQLs, apresentam narrativas apenas nos desenhos. Em Daniel, Moacir e André Luiz, é clara a unidade narrativa dos quadrinhos, entre um quadrinho e outro. 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. Também, lê-se a implicação lógica de causa e efeito entre os mesmos. Na história da Tábata, desvendar a unidade narrativa necessita de uma maior atenção. A sua narrativa escrita é tão detalhada que os desenhos se tornam quase ilustrações pois, sem a escrita, são de difícil interpretação. Como já foi discutido anteriormente, os desenhos do Alex parecem que não respeitam uma ordem cronológica dos eventos, o que dificulta a interpretação da sua unidade narrativa.

Sobre os padrões dos quadrinhos do Daniel, nota-se o seguinte padrão espaço-temporal: aglomeração-explosão  $\Rightarrow$  expansão  $\Rightarrow$  explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. Alex expressa o que chamarei de padrão bexiga: expansão-explosão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. O padrão dos quadrinhos do Moacir é: explosão-expansão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. O padrão da HQ final do André Luiz é: aglomeração-explosão  $\Rightarrow$  expansão, se as idéias da história toda não estão em conflito é admissível acrescentar, após a expansão, o seguinte:  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração. O padrão dos quadrinhos da Tábata é: explosão  $\Rightarrow$  atração gravitacional-aglomeração.

Tanto o Daniel, o Alex como a Tábata utilizam de artifícios de simbolização para indicar, com maior precisão, processos astronômicos diferentes em escalas espaciais, também, diferentes. Na produção de Daniel a mudança de representação do Q7 para o Q8 e 9 e, destes dois, para Q10, 11 e 12, indica a passagem de processos da escala solar para a escala da galáxia e uma volta à escala solar. No desenho de Alex a mudança ocorre do Q3 para o Q4 e Q5, indicando passagem dos processos de escala do Universo para escala solar, independente se, interpretarmos em sua HQ, o Sistema Solar originando-se, conjuntamente ou não, com a formação das galáxias. Tábata modifica o tamanho das pequenas espirais de Q4 para apenas uma grande em Q5, tentando representar a passagem das galáxias para o Sistema Solar. Nos desenhos do Moacir e do André Luiz, não existem mudanças de representação para explicitar melhor possíveis diferenças de escala nos fenômenos astronômicos.

Considero, agora, as produções da Edna, Roseléia, André Roberto e Surian que são membros do grupo 2.

A história da Edna é traspassada pelas suas idéias prévias de ciclicidade (morre um Sol nasce outro) e da explosão do buraco negro. Marcante na produção da Roseléia é apenas a manutenção da idéia prévia de grande explosão para o início do Universo. Parece que as idéias prévias do André Roberto e Surian exerceram pouca influência em suas histórias.

Na criação da Edna os quadrinhos obedecem rigorosamente à sua narrativa escrita e expressam sua concepção de ciclicidade. O 1º ciclo trata da formação do Universo, que inicia com a explosão do buraco negro e finaliza com a formação das galáxias. O 2º ciclo refere-se à segunda explosão na cronologia de sua história; o início foi com o choque do meteoro com o Sol, provocando nova explosão e espalhando meteoros por todos os cantos, que se juntaram formando os planetas dentro das galáxias. Os quadrinhos 6 e 7 referem-se a conceitos que ela não conseguiu articular com a narrativa anterior, assim, os deixou sem relação com os contíguos. Sobre o Q7 que trata da atração gravitacional, ainda, pode-se interpretar que o mesmo deveria estar entre os Q4 e Q5 pois, segundo sua narrativa escrita, seria uma possível causa da formação do Sistema Solar. Já, o Q6a e Q6b, que tratam da nuvem brilhante, estão totalmente sem relação com os demais. A produção da Edna, com sua visão de ciclicidade, é bem típica, não se aproximando nem da visão dos professores e nem da 'teoria' da bola de fogo.

A história da Roseléia é composta de uma narrativa escrita com um primeiro parágrafo bem encadeado, com suas idéias principais sobre a formação do Sistema Solar, e três outros

Quadro 3.2 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 2

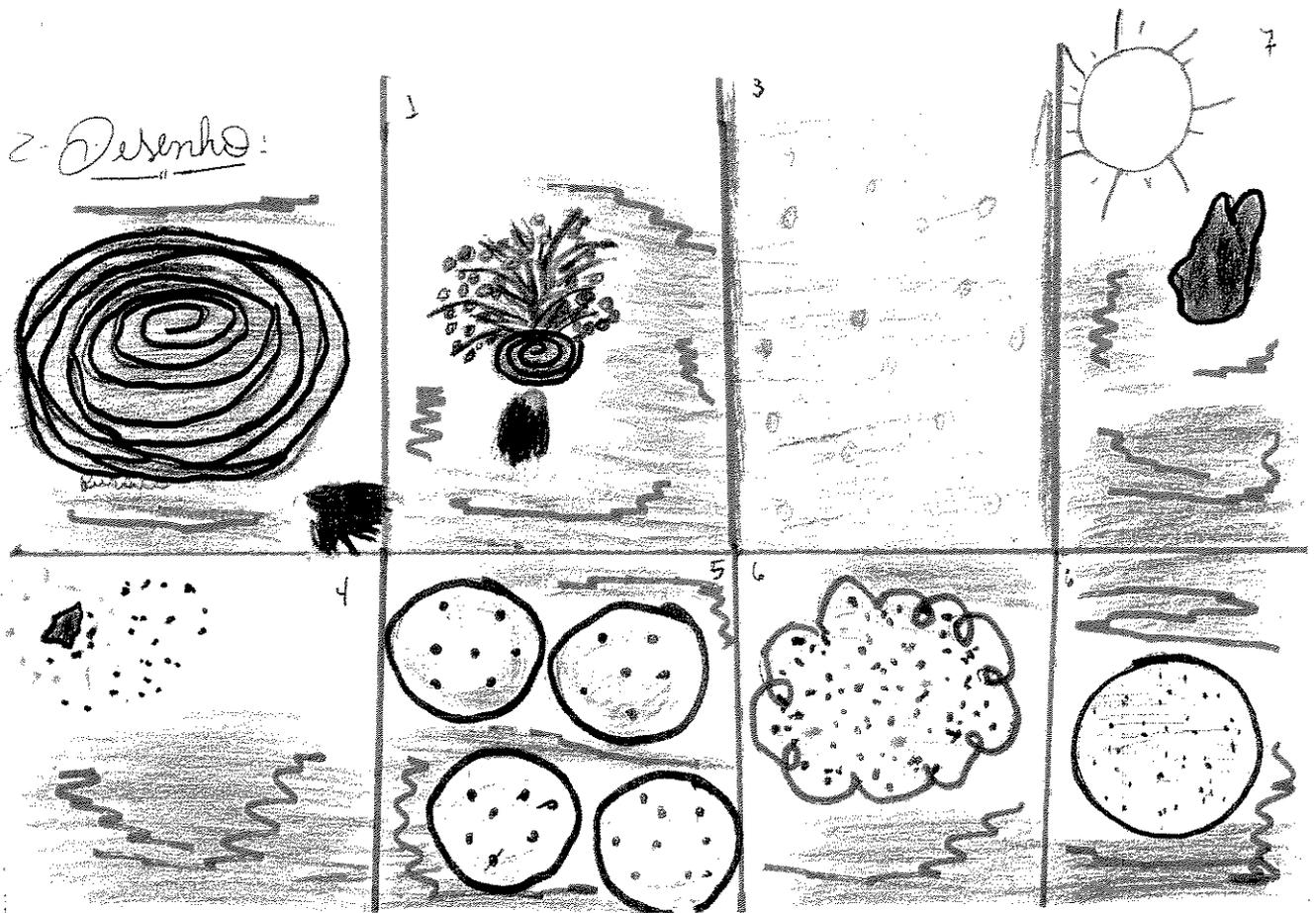
ALU- NOS	IDÉIAS PRÉVIAS		PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA				CAPACIDADES COGNITIVAS ATINGIDAS			
	QUESTIONÁRIO INICIAL	TRABALHO DE GRUPO					NARRATIVA	PADRÃO ESPAÇO TEMPORAL	ESCALA ASTRO-NÔMICA	
	Como surgiu o Universo?	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?	Unidade	Tipo		
<b>Edna</b>	explosão do buraco negro	explosão do buraco negro ou de uma bola de fogo	explosão pela aproximação de uma bola de fogo junto ao buraco negro	formação do Universo e dentro deste as galáxias	da explosão do meteoro grande que bateu em alta velocidade no Sol espalham-se pedaços formando os planetas que juntaram-se dentro das galáxias	surgiu da atração gravitacional e movimento rotatório de matérias	média	sucesiva	ausente	ausente
<b>Roseleia</b>	explosão no espaço entre as galáxias	explosão de um grande meteoro ou planeta	grande explosão	nuvem brilhante de poeira cósmica e formação de planetas e galáxias		de muitos planetas que foram se juntando	média	sucesiva	ausente	ausente
<b>André Roberto</b>	com a explosão de outros astros	'teoria' da bola de fogo	nuvem brilhante de poeira cósmica que explodiu	formação das galáxias		a atração gravitacional e movimento rotatório esfriaram-se causando os choques de partículas sólidas	média	sucesiva	ausente	ausente
<b>Surian</b>	não sabe	explosão de um grande meteoro ou planeta	explosão da nuvem brilhante de poeira cósmica	pedaços da explosão foram se espalhando e explodindo de novo	as nuvens juntam-se para formar as galáxias e estas comprimem-se com alta pressão e temperatura.	formou-se dos pedacinhos da nuvem cósmica que se esfriava através de choques das partículas sólidas	média	sucesiva	ausente	ausente

Um dia o buraco negro explodiu formando então o universo e dentro do universo formou as galáxias. Mas um dia veio um meteoro com grande velocidade em direção ao sol que bate e uma grande explosão acontece no universo e pedaços do meteoro voaram formando então os planetas que juntaram-se dentro das galáxias com o tempo foi se acumulando, acumulando até que se expandiu.

A nuvem brilhante surgiu no universo com acumulação de matéria comprimida com alta pressão e temperatura.

O sistema solar surgiu da atração gravitacional de matérias e surgiu o movimento rotatório.

2- Desenho:



1 Bola de fogo inicio embaucão do buraco negro

2 explosão do buraco negro

3 formação do universo

4 explosão do sol

5 formação dos planetas

6 nuvem brilhante e acumulação de matéria

7 atração gravitacional

Fig. 9 - Estória da Edna (12 anos)

Redução: 20%

## Tema: A história da Terra

Na história da Terra, uma nuvem brilhante de poeira cósmica surgiu, de uma grande explosão. Dessa explosão, começaram se formar planetas e galáxias. Muitos planetas foram se juntando e então se formou o sistema solar.

A Terra como todos os outros planetas tem uma atração gravitacional e movimento rotatório.

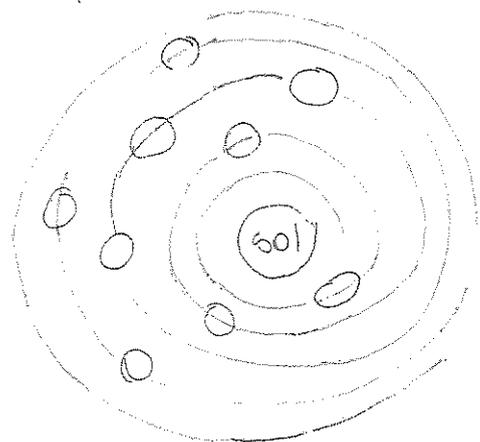
Não é sempre que acontece o resfriamento particular e as ondas sólidas.

O Sol como um astro que em torno das galáxias e da Terra.

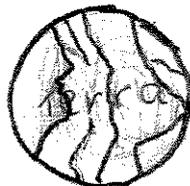
sol

2-  
Nuvem  
brilhante

4-

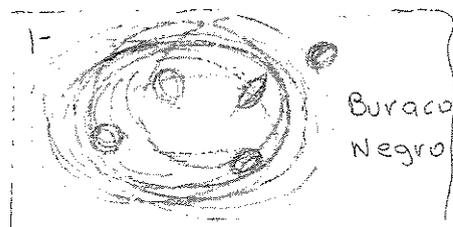


3-



Sistema Solar

Movimento rotatório



Buraco Negro

Fig. 10 - Estória da Roseléia (12 anos)

Redução: 20%

parágrafos, onde se misturam possíveis idéias prévias, conceitos ainda pouco assimilados da aula (atração gravitacional e movimentos dos astros e seus respectivos centros gravitacionais) com os conceitos dados na pergunta. Não é nada fácil integrar a sua narrativa escrita com os desenhos. Estes aparecem como quatro partes isoladas e sem sucessividade, apesar da numeração. Uma interpretação provável é a convivência das idéias prévias com as novas idéias do primeiro parágrafo. Desse modo, Q1 e Q2 ilustram o escrito: uma grande explosão (do buraco negro, desenhado) originou uma nuvem brilhante de poeira cósmica. O problema está em decifrar os quadrinhos 3 e 4, que, aliás, ocupam quase todo o espaço representado. Pela hipótese da convivência (os conceitos estariam em processo de assimilação), uma interpretação seria que Q3 e Q4 representam a formação do Sistema Solar (Q4), como efeito dos movimentos rotacionais (Q3) provocados pela atração gravitacional. Semelhantemente ao Alex, ela desenhou estas idéias com os símbolos conhecidos. Resta um ar de dúvida, pois existem fortes indícios de que as idéias possam ser conflitantes, ou seja, os desenhos seriam, na verdade, expressões de idéias prévias. Desse outro ponto de vista, Q3 representaria a sua frase: *"A terra como todos os outros planetas tem uma atração gravitacional e movimento rotatório."* e Q4 a outra frase: *"O sol como um astro gira em torno das galáxias e da terra"*. Se a hipótese de convivência for a mais forte, então, as concepções da Roseléia estão se aproximando da visão dos professores. Se for ao contrário, então, são próprias e expressam basicamente suas idéias prévias.

A narração do André Roberto têm duas partes, de um certo modo, autônomas, existindo apenas o indício da seqüência linear e cronológica da narração, como indicativa de que os dois primeiros quadrinhos são anteriores aos seus dois posteriores. Ambas nada tem a haver com as idéias de seu último trabalho em grupo: a 'teoria' da bola de fogo. Os dois primeiros quadrinhos referem-se à nuvem cósmica que explodiu formando a galáxia e os dois posteriores expressam a formação do Sistema Solar, como efeito da atração gravitacional. Se juntarmos as duas partes que parecem autônomas, a concepção do André fica próxima da visão dos professores.

Na leitura da produção da Surian, percebe-se que, na sua narrativa, a ordenação de suas idéias obedeceu a própria seqüência dos conceitos da pergunta e os desenhos seguem o raciocínio escrito como uma verdadeira ilustração. Do lado direito do mesmo, temos a nuvem que explodiu e seus pedacinhos que espalharam. No meio dos pedaços, temos a galáxia, em

A formação do sistema solar

- . O universo eu acho que se formou com uma nuvem brilhante de poeira cósmica que se explodiu formando a galáxia.
- . É com uma grande expansão de matéria comprimida com alta pressão e temperatura.
- . Formando o sistema solar.
- . Com a atração gravitacional e o movimento rotacional faz se resfriando e causando os choques de partículas sólidas formando o sistema solar.
- . Assim eu acho que se formou o sistema solar.

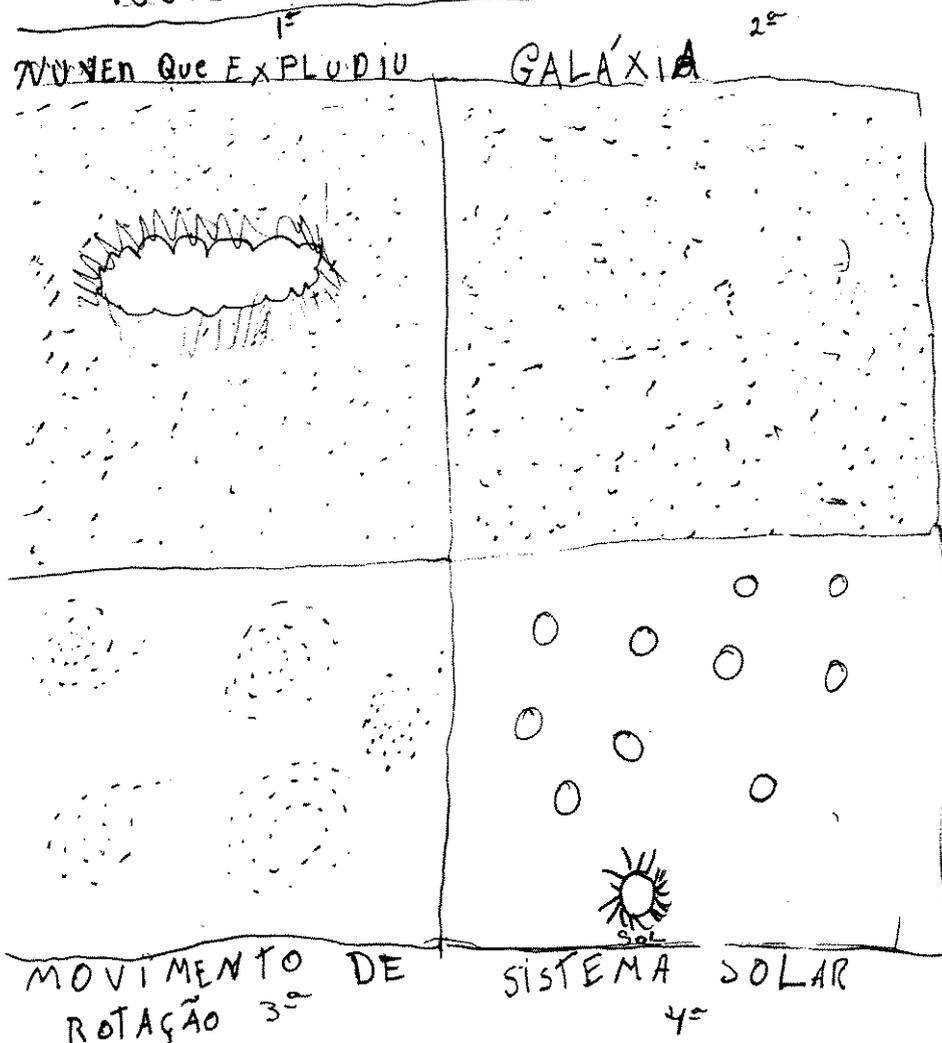


Fig 11 - História do André Roberto (12 anos)

Redução: 20%

Uma nuvem brilhante de poeira cósmica, se explode, e seus pedacinhos se espalharão. É cada vez que que os pedacinhos iam se espalhando, iam explodindo tudo de novo.

Eles também se juntam e vão formando as galáxias.

A galáxia vai se comprimindo com alta pressão e temperatura. O sistema solar, se forma dos pedacinhos da nuvem cósmica que vão se resfriando através dos choques de partículas sólidas.

O sol que está em volta das galáxias, e sua atração gravitacional, nunca vai conseguir engolir a Terra.

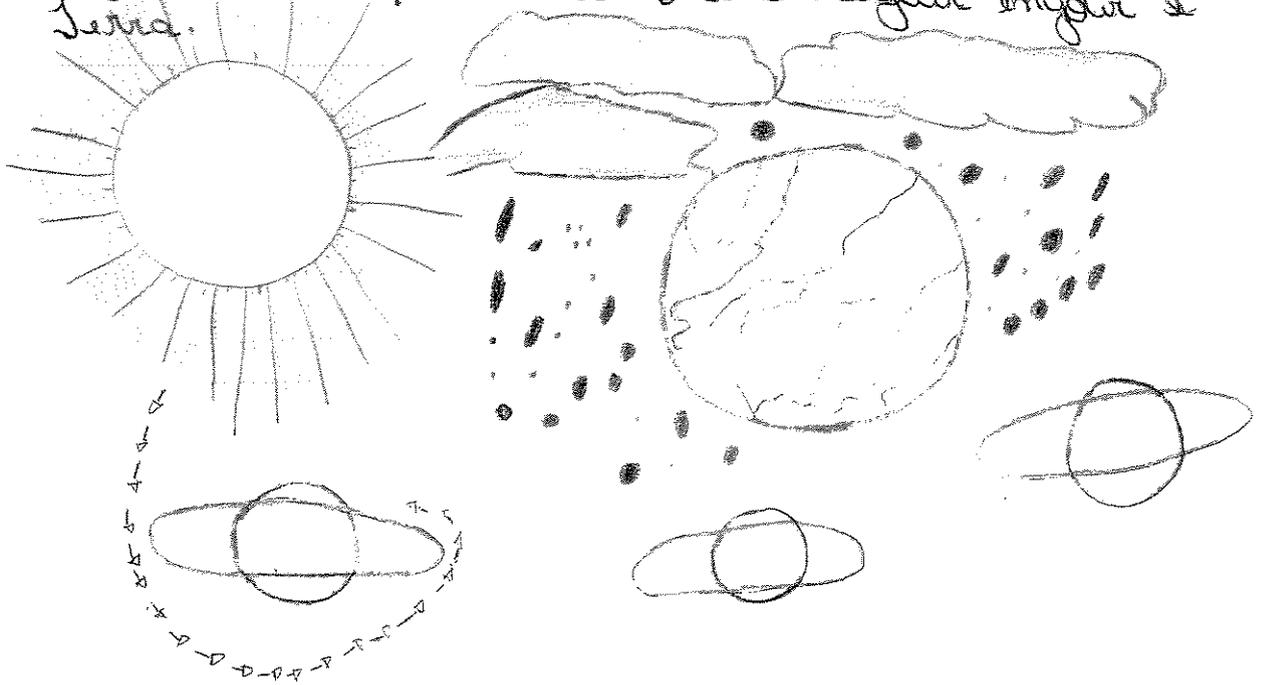


Fig 12 - Estória da Surian (12 anos)

Redução: 20%

marrom com suas partes justapostas, indicando a formação pela junção e compressão. Novas galáxias são formadas (círculo marrom envolto com uma elipse verde). Ilustrando sua última frase, que é a expressão de uma idéia muito marcante entre os alunos, a descoberta de centros gravitacionais nas galáxias, temos o Sol girando em torno da galáxia (desenho à esquerda com as flechinhas indicativas do movimento). Não é nítido se as idéias prévias de Surian pouco a influenciaram, pois não é muito claro se a sua narrativa se aproxima da concepção 'oficial' ou, se tem ingredientes próprios, com influências das idéias prévias. Neste caso o indicio é dado, quando ela retoma a idéia de que tudo explode de novo após a explosão inicial.

As elaborações da Edna, Roseléia e André Roberto são narrativas com HQI e a da Surian é uma narração com ilustração. Em todas as quatro estórias, a narrativa é dada principalmente pela escrita, e ela é sucessiva e não causal. Na estória da Edna os quadrinhos obedecem rigorosamente à cronologia da sua narrativa escrita, que é praticamente sucessiva como uma crônica, onde as ações se sucedem no tempo (umas depois das outras). Porém, os Q1, 2 e 3, que chamei de 1º ciclo, mostram pistas de causalidade em seu raciocínio e, já, os quadrinhos do 2º ciclo (Q4 e Q5) são apenas sucessivos. Muito parecidos, são os desenhos do André Roberto, que só adquirem sucessividade com a narrativa escrita. Com muito esforço, na estória dele, inferem-se duas partes, com dois quadrinhos sucessivos. Como já disse, as narrações da Roseléia e Surian também são dadas pela escrita, e são sucessivas, apresentando incipiência de ligações causais. Os raciocínios implicativos de que causas e efeitos são dependentes uns aos outros não são tão claros e vigorosos, mas existem. Sem a escrita, no caso da Roseléia, os quadrinhos e a numeração deles não são suficientes para se visualizar a temporalidade e, no caso da Surian, os desenhos são um todo caótico sem aparentes relações lógicas de sucessividade. Especificando o caso da Surian, por ser uma narração com ilustração, é natural a dependência dos desenhos ao texto. O que salta aos olhos é que sua narrativa sucessiva está muito boa, com alguns trechos ligados entre si por raciocínios de causalidade, mas os desenhos não seguem a exuberância verbal. Somente após muita leitura e observação, foi possível decifrá-los.

Nessas quatro produções a inferência de qualquer padrão espaço-temporal através dos quadrinhos e o uso de representação específica para diferenciar escalas astronômicas são de difícil observação. No desenho da Edna, os seus dois quadrinhos iniciais, expressando a bola de fogo, indo em direção ao buraco negro e a explosão deste, apresentam indícios da idéia de divergência, básica para o padrão explosão → expansão.

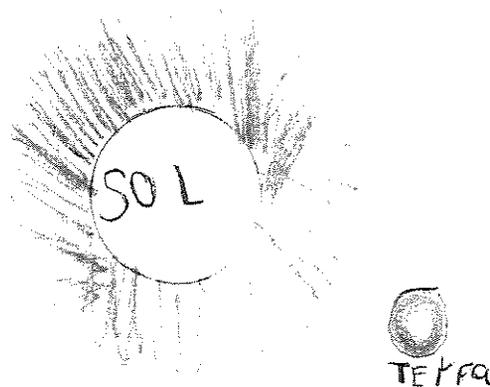
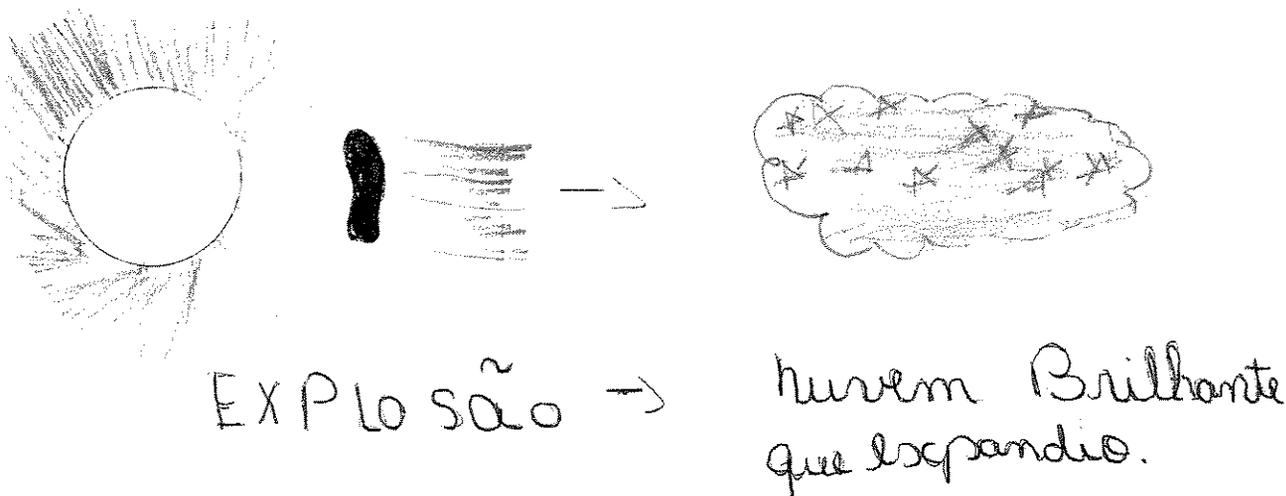
Quadro 3.3 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 3

ALUNOS	IDÉIAS PRÉVIAS		PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA				CAPACIDADES COGNITIVAS ATINGIDAS			
	QUESTIONÁRIO INICIAL	TRABALHO DE GRUPO					NARRATIVA	PADRÃO ESPAÇO TEMPORAL	ESCALA ASTRO-NÔMICA	
	Como surgiu o Universo?	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?	Unidade			Tipo
<b>Eric</b>	através das galáxias	explosão do buraco negro ou de uma bola de fogo	o nosso Sistema Solar entrou em choque de partículas que se resfriaram e deu uma explosão	nuvem brilhante de poeira cósmica, esta se comprime até expandir e explodir			incipiente	sucessiva	ausente	ausente
<b>Karen</b>	surgiu numa bola de fogo	explosão do buraco negro ou de uma bola de fogo	uma grande explosão	formação das galáxias		o Sistema Solar é a matéria comprimida com alta pres. e temp.; a atração gravitacional é como se fosse um imã que vai formando os planetas	incipiente	sucessiva	ausente	ausente
<b>Telma</b>	uma grande explosão	explosão de um grande meteoro ou planeta	explosão da nuvem brilhante de poeira cósmica	cada partícula foi espalhando-se no espaço		com a atração gravitacional	incipiente	sucessiva	ausente	ausente
<b>Viviane</b>	não respondeu	formou-se por Deus	nuvem brilhante de poeira cósmica que foi se espremendo e explodiu	formação de partículas sólidas, de partículas de fogo e das galáxias		através de raios solares e das galáxias	incipiente	sucessiva	ausente	ausente

O nosso sistema solar entrou em choques de partículas que se resfriaram e deu uma explosão.

Depois da explosão surgiu uma nuvem brilhante de poeira cósmica e essa nuvem foi comprimindo até se expandir, com alta pressão e temperatura e também explodiu.

É o mesmo que deu ao movimento que o sistema solar faz em torno da galáxia chama-se de atração gravitacional e movimento rotatório.



SISTEMA  
SOLAR

O Universo se formou com uma grande explosão, formando a galáxia.

Como se formou a Terra? Você pergunta.

A Terra se formou com a atração gravitacional e movimento rotatório.

Uma amiga minha me perguntou:

- Karen o que é sistema Solar?

E eu disse:

- Não sei se vou responder certo, mas vou tentar.

- É a matéria comprimida com alta pressão e temperatura.

Atração gravitacional é como se fosse um ímã que vai formando planetas.

Depois foi formando uma nuvem brilhante de poeira cósmica formando os planetas.

A Terra gira em volta do Sol

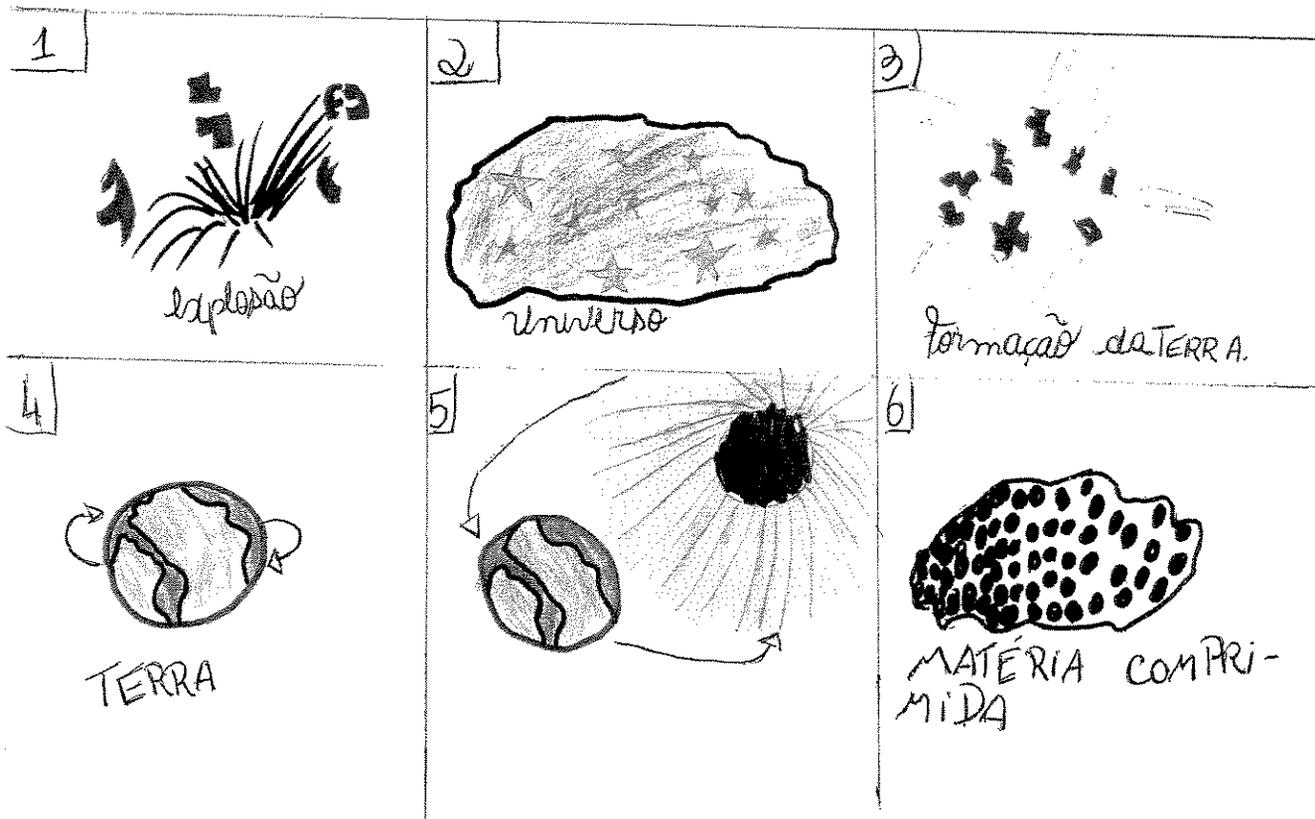


Fig. 14 - História da Karen (11 anos)

Redução: 20%

Considero, agora, as produções do Eric, Karen, Telma e Viviane que são membros do grupo 3. Nas histórias desse grupo a principal marca é a dificuldade de se interpretar os conceitos assimilados e por consequência torna-se mais difícil saber o rumo das produções. No tocante às idéias prévias, a narrativa do Eric é dominada apenas pela noção de explosão. Karen e Telma sofreram pouca influência de suas idéias prévias, bem como na quase totalidade da produção da Viviane, nesta assinalo o aparecimento da idéia de que o Sistema Solar teria se formado através de raios solares.

A história do Eric é permeada por sua idéia prévia de explosão que ele 'articulou' com o problema (formação do Sistema Solar) e os conceitos dados na pergunta. Daí, a mistura do choque e resfriamento de partículas que causou a explosão do Sistema Solar e ocorre a mesma coisa na frase seguinte, que ele diz ser o efeito da explosão: nuvem brilhante de poeira cósmica, compressão, expansão e explosão. O seu desenho clarifica as suas idéias, e nota-se que ele representa esses eventos em si e, apenas, cronologicamente ao longo do tempo. Ou seja, primeiro a explosão (só que no Q1 ele conseguiu representar o Sol e um corpo negro arredondado avançando para o choque), depois apenas a nuvem brilhante e, por último, o Sistema Solar. Há verdadeiras lacunas entre as frases e os desenhos que as expressam, daí torna-se difícil classificar o rumo de sua visão.

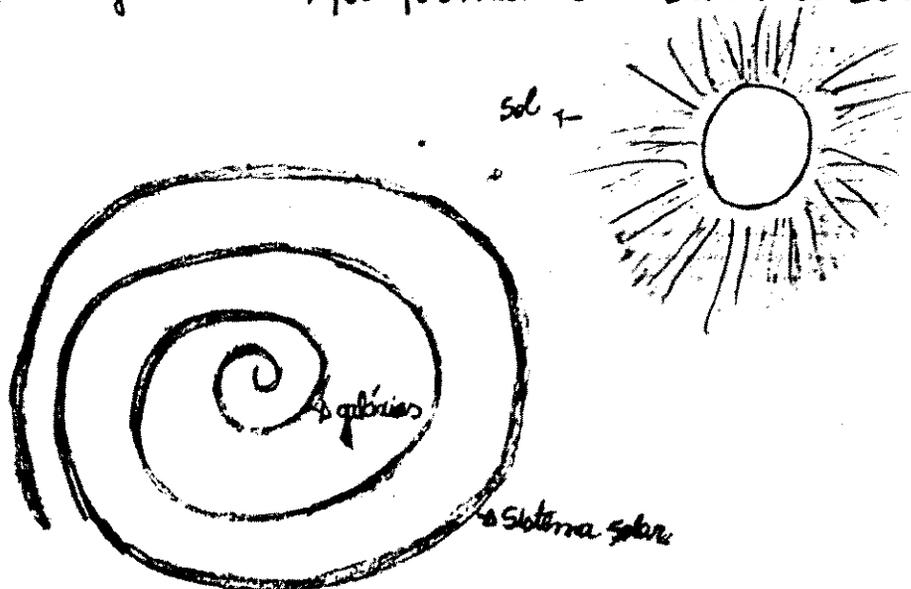
A narrativa da Karen é tipicamente sucessiva, como uma crônica que relata fenômenos encadeados linearmente. Aliás, é adequado à crônica, o seu discurso em perguntas: "*Como se formou a Terra? Você pergunta*". Os desenhos só adquirem temporalidade cronológica com a narrativa escrita. Pelos quadrinhos, e com a ajuda da escrita, pode-se inferir o seguinte conteúdo: a explosão formando o Universo, depois a Terra que se formou com atração gravitacional e, finalmente, o Sistema Solar que é a matéria comprimida. Em seqüência, aparecendo apenas na escrita, a atração gravitacional como se fosse um ímã, vai formando planetas. Parece que as suas idéias prévias pouco interferiram e, pode-se dizer que, potencialmente, sua criação está mais próxima da visão dos professores pelo fato de ser incipiente a visão da acreção.

A produção da Telma parece revelar um caso de aluna com grandes dificuldades de desenhar. A sua narrativa escrita é resumida, lógica e sucessiva. Não existem incoerências no encadeamento linear realizado, porém, entre um evento e outro há falta de idéias, um 'buraco' enorme. Por exemplo, no seguinte trecho da sua narrativa: "*E cada partícula foi-se espalhando no espaço. Com a atração gravitacional, isto é, a força da gravidade, foi*

2) demonstre sua história num desenho.

1-) Há milhões de anos atrás houve uma grande explosão de uma nuvem de poeira cósmica no espaço. Cada partícula foi-se espalhando no espaço. Com a atração gravitacional, isto é, a força da gravidade, foi formando o Sistema Solar.

2)



A Terra gira em torno do sol. A lua gira em torno da terra

A nuvem brilhante de poeira cósmica, estava cheia de matérias, que foi se comprimendo e formar uma explosão, e nessa explosão foi formando partículas sólidas, partículas de fogo, daquela explosão que foi formando-se as galáxias, das galáxias, foram formadas expansões, as galáxias foram se enchendo de ar, e logo se expandiu. Essa expansão foram formando as matérias comprimidas com alta pressão e temperatura, que a expansão foi enchendo as galáxias de ar e se formaram as matérias comprimidas com alta pressão e temperatura, aí foi-se formando o sistema solar, através de raios solares e das galáxias, depois disso, formaram-se atrações gravitacionais e movimento rotatório, a atração gravitacional, foi força da gravidade que atrai os planetas, formando o movimento rotatório. Dese movimento rotatório formaram o perfumamento e o choque de partículas sólidas, que eu não sei explicar e que é.

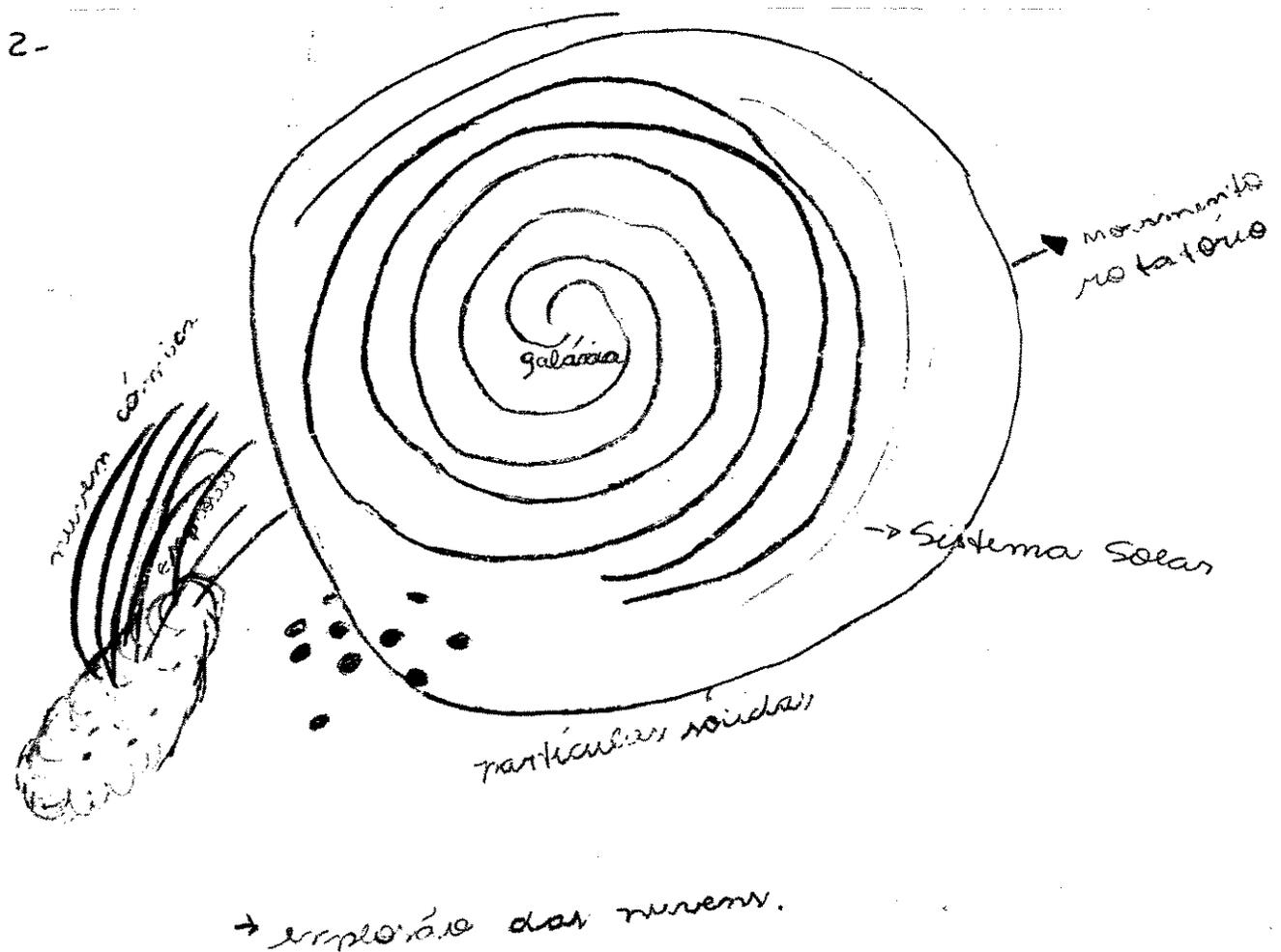


Fig. 16 - Estória da Viviane (11 anos)

Redução: 10%

*formando o Sistema Solar*", constata-se a ausência da idéia relativa a formação das galáxias, entre o efeito da explosão e a formação do Sistema Solar. No entanto, o seu desenho é um todo, com duas figuras conhecidas (galáxia e Sol), sem nenhuma relação lógica entre elas. Nem mesmo se pode inferir qualquer raciocínio de continuidade e, muito menos, uma narrativa. Associando o exame do desenhos com as lacunas de raciocínio na narrativa escrita, pode-se formular duas hipóteses: a primeira, não existe uma incoerência entre o escrito e os desenhos, mas, provavelmente, o determinante é a falta de continuidade no seu raciocínio. Ou, a incipiência deste, que se expressou mais agudamente nos desenhos; a segunda, é coerente o seu raciocínio que expressa a explosão da nuvem, a expansão das partículas e atração gravitacional formando o Sistema Solar. Se a hipótese for essa, então, a sua concepção se aproxima da visão dos professores.

A primeira leitura da história da Viviane mostra a narrativa escrita com uma série de frases incongruentes e sem sentido. Depois verifiquei que ela utilizou a mesma ordem dos conceitos dados na pergunta, e fez malabarismos para dar sentido à narrativa, o que absolutamente não conseguiu. Assim, sua criação é, praticamente, oposta a Telma, pois a narrativa escrita não apresenta uma coerência legível, sobrando apenas o desenho para se buscar as suas idéias. Desse modo, no desenho, a imagem é tratada como um todo em um só quadro, mas representando duas partes cronológicas que, inclusive, estão numeradas. A 1ª parte trata da explosão da nuvem e o espalhamento das partículas sólidas, e a 2ª parte seria a figura da galáxias em espiral, com a indicação do Sistema Solar no lado direito da mesma, e com a forma em espiral representando o movimento rotatório. Pela interpretação de seu desenho, infere-se que o rumo de sua concepção está mais para as idéias oficiais. Uma coisa a pontuar, da parte escrita, é o reaparecimento de sua idéia prévia afirmando que o Sistema Solar teria se formado através de raios solares.

Os trabalhos do Eric e Karen são narrações com HQI. Os desenhos não têm vida própria pois, sem a narrativa escrita, eles são imagens isoladas, sem aparentes relações lógicas de sucessividade. Os quadrinhos não são suficientes para se visualizar a temporalidade. A narrativa é dada principalmente pela escrita, e ela é apenas sucessiva e não causal. Os fenômenos sucedem-se no tempo num encadeamento linear (primeiro isto, depois aquilo, em decurso aquilo outro). Ou seja, as partes do evento relatado são ligadas umas com as outras para formar o evento todo, obedecendo uma ordem temporal, como se fosse uma notícia jornalística. A primeira impressão da história do Eric é a inexistência de uma continuidade na

narração. No entanto, dedicando-se à leitura da parte escrita, nota-se que a cronologia está correta, e que os eventos são relatados de modo apenas sucessivo, sem qualquer implicação de causalidade e com verdadeiras lacunas entre as frases e os desenhos que as expressam. Daí a quebra de uma possível noção de continuidade. Isso ocorre de modo semelhante na narrativa da Karen, onde os quadrinhos aparentam formar um conjunto de elementos sem ligação, onde as legendas não conseguem conectá-los. Porém, com mais acuidade, percebe-se que a narrativa é apenas sucessiva e com grandes lacunas, expressando a incipiência da continuidade espacial de suas idéias.

As realizações da Telma e Viviane são narrações com ilustrações. O caso mais agudo de descontinuidade entre a narrativa escrita e os desenhos é a história da Telma onde, mesmo com a narrativa escrita resumida, apresentando lógica e sucessividade, os desenhos não adquirem qualquer narrativa. O seu desenho é um todo, com duas figuras conhecidas (galáxia e Sol), sem nenhuma relação lógica entre elas que expresse uma narrativa. A Viviane é outro caso específico, já que, se de um lado, os desenhos são sucessivos indicando que uma coisa gerou a outra e que uma é depois da outra, mesmo com uma grande lacuna entre as partes, por outro lado, a narrativa é extremamente pobre, provavelmente, pelo fato dela ter se limitado a usar as palavras da pergunta, sem, no entanto, ter relacionado minimamente os conceitos.

Nos quatro trabalhos, é difícil inferir qualquer padrão espaço-temporal através dos quadrinhos. Também não se constata o uso de representação específica para diferenciar escalas astronômicas. Nos desenhos da Karen, Q1 indica a divergência da explosão e o Q3 a convergência da acreção para formar a Terra. Porém, pelas quebras da própria unidade narrativa de sua história, pode-se dizer que são raciocínios incipientes e não formam um padrão.

Finalizando, há os trabalhos da Tatiana e Alessandra que compõem o grupo 4. É muito difícil interpretar os conceitos assimilados e por consequência saber o rumo das produções. As idéias prévias delas pouco influenciaram suas histórias.

Quadro 3.4 - Síntese das produções dos alunos do Grupo 4

ALU- NOS	IDÉIAS PRÉVIAS		PROBLEMAS MAIS SIGNIFICATIVOS DA AULA				CAPACIDADES COGNITIVAS ATINGIDAS			
	QUESTIONÁRIO INICIAL	TRABALHO DE GRUPO					NARRATIVA		PADRÃO ESPAÇO TEMPORAL	ESCALA ASTRO-NÔMICA
	Como surgiu o Universo?	Como surgiu o Universo?	O que explodiu?	Os efeitos da explosão:	As causas da formação das galáxias	Como se formou o Sistema Solar?	Unidade	Tipo		
<b>Tatiana</b>	com a formação das galáxias	formou-se por Deus	nuvem brilhante de poeira cósmica que esfriou e explodiu	formação de galáxias com a matéria em alta pres. e temp. comprimindo-se e nova explosão, expansão e formação de milhões de galáxias		das galáxias foram se formando os planetas que é o Sistema Solar	sem	sucessiva	ausente	ausente
<b>Alessandra</b>	explosão do buraco negro	explosão do buraco negro ou de uma bola de fogo	o Sol explode e nasce outro				sem		ausente	ausente

1. Mas isso eu fui assistir um filme sem somito. Mas  
 era assim como que o filme chamava.  
 - ~~Gratuito~~ tinha uma ~~nuvem~~ brilhante de poeira cósmica  
 que flutuava no céu.  
 tinha um ponto. O ponto que eu vi, foi de sol. Ele  
 explode, e nasce outro.

Li também bastante galáxias, expansão.

Li também matéria comprimida com alta pressão e  
 temperatura. Ex.: quando a gente enche uma bexiga  
 ela expande. E essa matéria que comprime  
 é muito importante para nossa ciência.

O sistema solar também é muito importante. O  
 sistema solar também é interessante para a nossa  
 geografia.

A atração gravitacional e movimentos rotacionais,  
 significa que a terra gira. - É claro.

A terra tem que girar para que ela  
 pegue calor e frio.

Arriamento e choque de partículas sólidas. São  
 as rochas sólidas que se resfriam.

O rocha é um mineral muito raro, e também  
 algumas pedras são muito bonitas.

E aqui termina a minha história do filme. E  
 eu achei muito bonito esse filme.

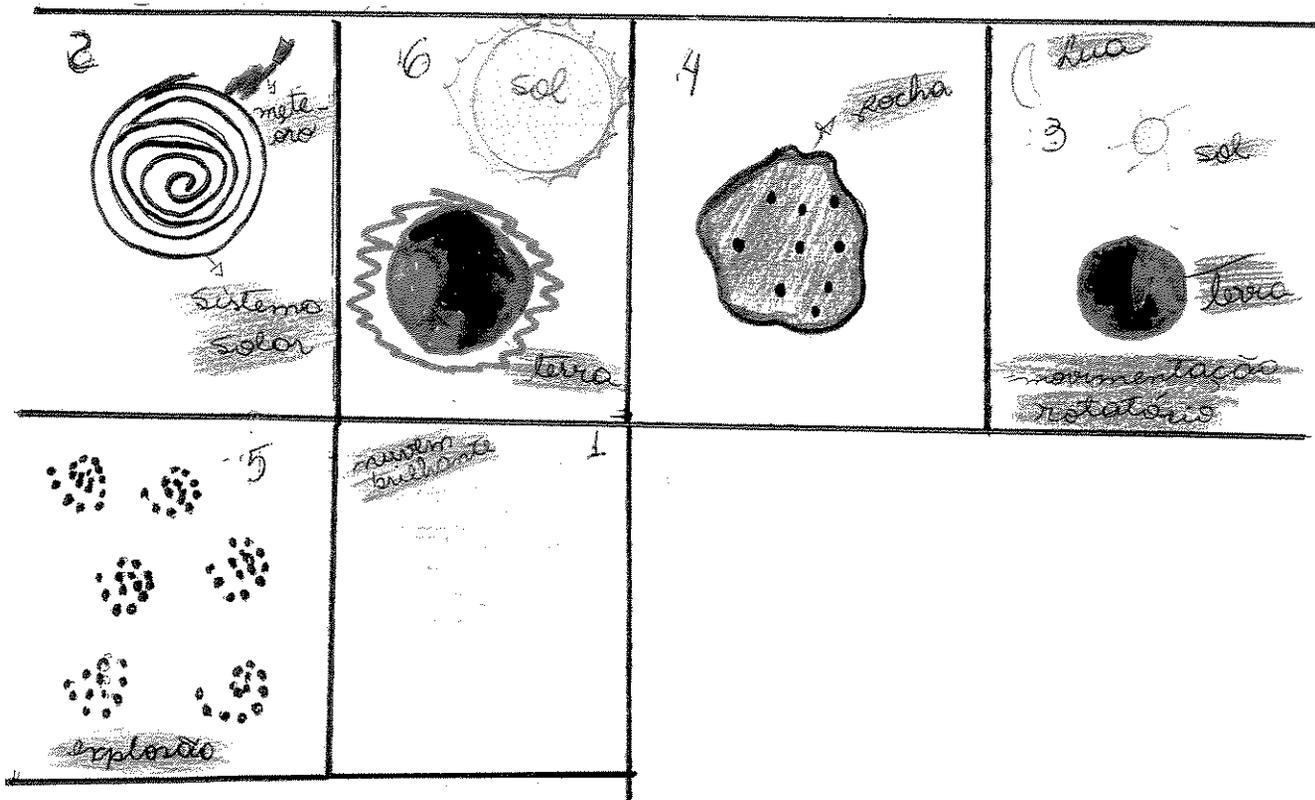
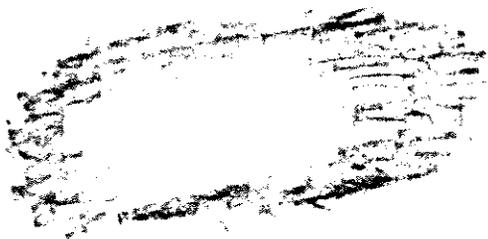
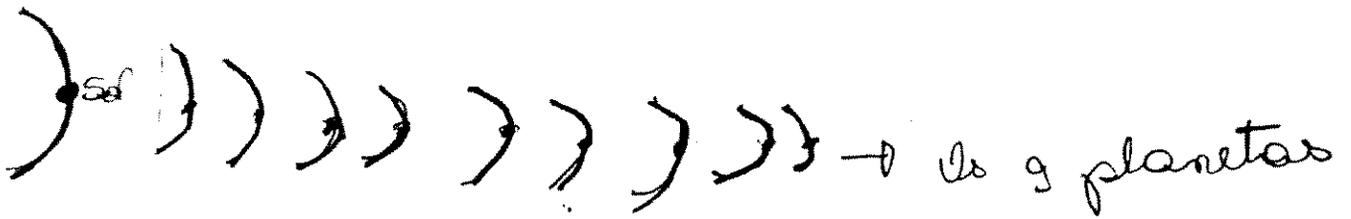
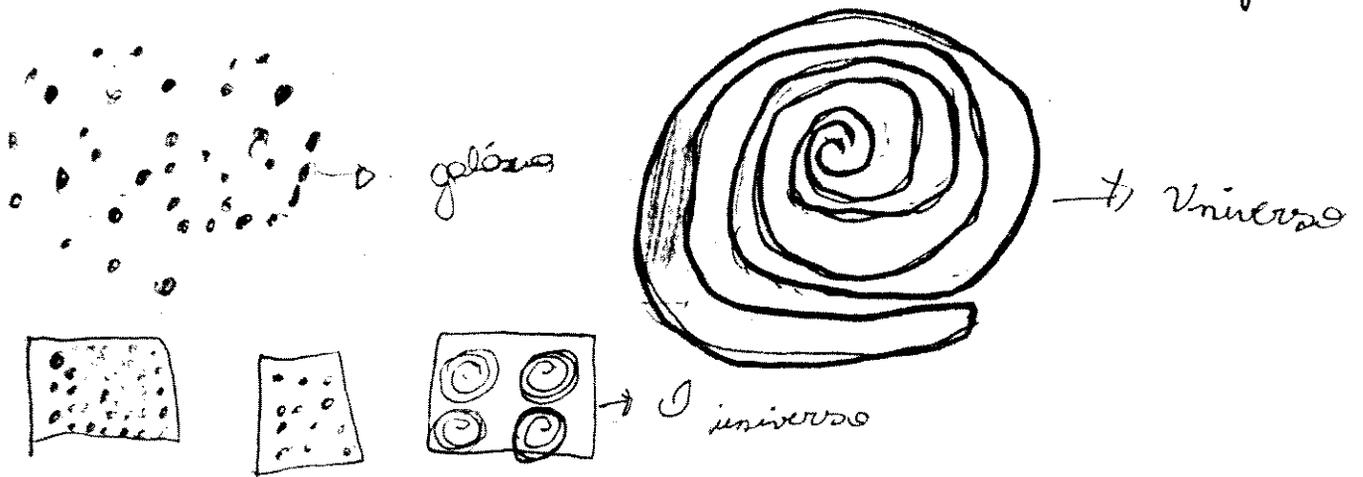


Fig. 18 - Estória da Alessandra (11 anos)

Redução: 20%

A formação do universo foi com uma explosão de uma nuvem brilhante de pó e gás cósmico que se resfriou e se expandiu, e com essa explosão começou a formar as galáxias com a matéria comprimida com alta pressão, temperatura se comprimiu tanto mais tanto que explodiu e formou a galáxia e depois se expandiu e formou milhares de galáxias da galáxia fixa, formando os planetas que é o sistema solar e a atração gravitacional que atrai os corpos celestes com a mesma força que ele atrai os corpos celestes também podem atrair, ele também não se atrai a mesma força para não se contrair.

A galáxia, agora tem milhares e milhares de galáxias, com a respiração sólida, levou um choque e explodiu de partículas.



→ A nuvem ... op. odu

Fig. 17 - Estória da Tatiana (12 anos)

Redução: 20%

Os tópicos de conteúdo assimilados pela Tatiana são a origem do Universo através de uma explosão da nuvem brilhante, e a posterior formação das galáxias e, depois, a dos planetas. Da produção da Alessandra, apenas se extrai que o Sol explode e nasce outro. Talvez, foi marcante para ela, durante a aula, o pequeno trecho em que os professores forçaram o debate dessa idéia que foi apontada pela Edna.

Posso afirmar que a característica marcante nas duas é a inexistência de uma unidade narrativa. Na escrita, há traços do encadeamento sucessivo das frases, mas os trechos que aparentam uma coerência, na sua maioria, são incoerências conjugadas com a utilização dos conceitos dados na pergunta, os quais preponderam nas suas produções. A representação visual poderia auxiliar, como no caso da Viviane, a decifrar a escrita porém, é uma justaposição de imagens sem conexão entre si e sem qualquer encadeamento linear de raciocínio. Com muito esforço pode-se encontrar alguma parte da narrativa escrita que esclarece o desenho, mas o inverso não é verdadeiro. Naturalmente a compreensão de qualquer padrão espaço-temporal e os problemas da representação astronômica escapam das duas.

É possível finalizar a análise e fazer uma síntese das principais características de cada grupo. Assim, o **grupo I** apresenta as seguintes características principais: uma unidade narrativa boa entre a escrita e o desenho, sem quebras ou incongruências, de uma história da formação Universo até o Sistema Solar mais próxima da versão 'oficial' ou não (como ruído, há a aparente falta de cronologia em partes da história do Alex, a dubiedade se André Luiz trata como dois processos separados a formação do Universo e a do Sistema Solar, e o quadrinho final solto do Moacir representando o movimento rotatório sem ligações visíveis com os anteriores); todas as narrativas são sucessivas-causais e é evidente que existem narrações mais vigorosas que outras; algum tipo de padrão espaço-temporal; e indícios do tratamento da representação de escalas astronômicas, com exceção do Moacir e André Luiz. Não é possível fazer qualquer generalização sobre os fenômenos seqüenciados pois, são muito diversos. A primeira impressão dessa diversidade nota-se pelos diferentes padrões. É possível indicar que as histórias contêm os seguintes e principais processos: um fenômeno precedente da explosão; a explosão; a expansão ou espalhamento da matéria cósmica; a atração gravitacional e movimento rotacional atuando para formar as galáxias, depois o Sistema Solar e/ou os planetas. Claramente nas histórias do Daniel, Alex e Tábata os planetas vêm após a formação das galáxias. As histórias mais próximas da versão do professor (Luís, Juliano e Alexandre) ou mesmo aquela (Tábata) que se distancia, um pouco, pela forte influência das idéias prévias

mas, distantes da 'teoria' da bola de fogo, apresentam, como era de se esperar, algumas noções de acreção. Já, estas noções não aparecem nas histórias mais próximas da 'teoria' da bola de fogo (Daniel, Alex, Moacir e André Luiz).

Listarei, a seguir, as principais características apresentadas pelo **grupo 2**. A unidade narrativa entre a escrita e o desenho é média, ou seja, as histórias apresentam uma certa conjugação da narração escrita e desenhada porém, com muito esforço e, principalmente, através da escrita desvenda-se a história. Não existe uma seqüência narrativa contínua até a formação do Sistema Solar. Ela apresenta quebras, frases e desenhos soltos e lacunas importantes, como a falta da noção de expansão e o papel da atração gravitacional. Posso afirmar que a narrativa é, predominantemente, sucessiva, com incipiências de causalidade; se a escrita indica alguma causalidade, os desenhos são, com muito esforço, sucessivos e, vice-versa, e há, também, as histórias onde os desenhos ganham, apenas, sucessividade com a escrita (Roseléia, André Roberto e Surian). Não existem indícios sólidos da compreensão de algum padrão espaço-temporal e não é tratada a representação astronômica. Sobre os tópicos de conteúdo, todas apresentam, no mínimo, o seguinte: algo que explodiu, algum efeito da explosão, um fenômeno de formação da galáxia ou Sistema Solar. Edna indica um fenômeno antecedente à explosão. Sobre o efeito da explosão, Edna, Roseléia e André Roberto indicam alguma coisa que se formou, Surian, o espalhamento dos pedaços da explosão. Para Roseléia, o Sistema Solar foi formado pela aglomeração de planetas, para André Roberto, pela atração gravitacional e movimento rotatório, causando choques de partículas sólidas. Surian indica que as galáxias formam-se por pedaços que se juntam. Por fim, Edna apresenta o seu 2º ciclo de explosão que é peculiar e único.

Passo a listar as principais características do **grupo 3**. É incipiente a unidade narrativa entre a escrita e o desenho pois, tanto as frases quanto os desenhos são tratados isolados e soltos, com algum esforço desvendamos a existência de uma seqüência apenas linearmente encadeada de fenômenos. Estes não estão muito bem articulados e a seqüência é muita truncada, com incoerências e com grandes lacunas. Pode-se dizer que a continuidade espacial e temporal é incipiente em seus raciocínios. A narrativa é apenas sucessiva, como se fosse a crônica de pequenas histórias com apenas uma ligação temática (a história do Universo) entre elas. A compreensão de qualquer padrão espaço-temporal e os problemas da representação astronômica escapam desses alunos. Os tópicos de conteúdo absorvidos por todos são dois: a explosão de algo e seu respectivo efeito gerando outra coisa. Telma indica como efeito o

espalhamento dos pedaços da explosão e, também, indica com alguma pertinência que teria sido a força da gravidade a responsável pela formação do Sistema Solar.

Posso afirmar que a característica marcante do **grupo 4** é a inexistência de uma unidade e seqüência narrativa. Na escrita, há traços do encadeamento sucessivo das frases; os trechos com uma aparente coerência, na sua maioria, são decorrentes da utilização apenas em seqüência dos conceitos dados. A inexistência de qualquer raciocínio seqüencial ou contínuo faz da representação visual uma justaposição de imagens sem conexão entre si. Naturalmente a compreensão de qualquer padrão espaço-temporal e os problemas da representação astronômica escapam dessas alunas. O único tópico de conteúdo por elas assimilado é a origem do Universo através de algum tipo de explosão; a expansão, a atração gravitacional não foram entendidas.

Finalizando, os resultados dos alunos, de modo geral, são bastante coerentes com a dinâmica da própria aula debate. Durante esta, como não foi incentivada a comparação, a diferenciação entre matéria comprimida, buraco negro, choque de astros e nuvem cósmica permaneceu a indefinição do que explodiu. Assim, em aberto, surgiram, nas produções dos alunos, várias idéias do que explodiu. Para alguns, foi o momento em que as idéias prévias do questionário afloraram com mais ímpeto, por exemplo: Alex, Moacir, André Luiz, Tábata e Edna. Refletindo a própria aula, a maioria colocou algo que ao se juntar comprime e explode, já que, em vários momentos das discussões, passou-se a idéia de movimento, de alguma coisa que vai aumentando de temperatura e pressão, e depois explode. Os desenhos do Luís, Juliano e Daniel deixam muito claro essa matéria justaposta comprimida que depois explodirá. O desenho do Alexandre mostra a expansão dos pedaços de matéria.

Os motivos para o fato da nuvem brilhante aparecer em várias estórias como a origem da explosão acredito que sejam os que listo a seguir: é possível apontar o próprio modo da pergunta colocando a nuvem como primeiro elemento a ser utilizado (isso é mais evidente nas estórias do André Luiz, André Roberto, Surian, Telma, Viviane e Tatiana); talvez, contribuindo com isso, temos a forte noção que passou, nos diálogos devido a analogia da bexiga, que compressão é uma quantidade de ar muito apertada, e é fácil visualizar a nuvem se comprimindo (Surian, Eric e Viviane); e por último, talvez, o fator mais importante para as estórias mais estruturadas (Alexandre e Juliano) seja a própria dinâmica de assimilação de idéias de cada aluno, que discuto com um pouco mais de detalhe no Capítulo IV. Neste caso,

os alunos ajustaram às suas idéias um conceito de nuvem brilhante que foi marcante para eles. Apenas um exemplo: para o Juliano, a nuvem encaixou-se melhor como um conjunto de matéria em pedaços justapostos e comprimidos que explodiram porque, após a explosão, o que espalhou, foram esses pedaços que vão virar bolas de matéria.

Sem dúvida, a introdução do modelo na aula debate foi adequada pois, ele permitiu catalisar as idéias e transformou-se num fio condutor para a expressão do pensamento dos alunos ao produzirem suas estórias. Poderia se dizer que, devido a um intervalo de apenas 15 dias entre a aula debate e a tarefa de produção das estórias, a única coisa que se pôde avaliar foi a memorização dos alunos. Assim, no grupo I teríamos os alunos com melhor memória. O modelo apresentando era incompleto, não foram dadas as legendas de cada quadrinho, estes eram figuras e fundos que expressavam um ou vários sentidos, mas que era necessário decifrá-los. A compreensão do modelo foi feita nas discussões. O que se nota da análise de cada estória é que cada aluno utilizou, sem dúvida, a memória e fez uma estória própria expressando o que havia compreendido da aula e do modelo. É inegável que o modelo se concretizou como uma estrutura de suporte para a compreensão da aula e, por decorrência, para a expressão dos alunos.

Do ponto de vista conceitual, o modelo foi fundamental para a compreensão do papel da atração gravitacional e do padrão expansão  $\Rightarrow$  aglomeração. A própria leitura da representação em quadrinhos indica a temporalidade dos fenômenos e, também, a continuidade espacial. Ambas exigem um razoável grau de abstracionismo, porém, a espacialidade apresenta maiores dificuldades de assimilação. Tanto é assim, que, provavelmente, o maior limitante para o bom desempenho dos membros dos grupos 3 e 4 foi a falta de raciocínio espacial e continuidade espacial.

No caso da Viviane e do Eric, o problema é inverso. Eles demonstraram um incipiente tratamento da representação espacial mas, uma grande dificuldade na narração escrita. Dou-me o direito de levantar a hipótese de que uma maior acuidade e tempo na integração do desenho com a narração, por parte do professor, facilitaria o desenvolvimento destes dois alunos e daqueles com dificuldades de raciocínio espacial.

O caso mais extremo de dificuldades corresponde àquele dos membros do grupo 4. Parece-me que há uma grande dificuldade de abstração aliada a uma deficiência em raciocinar logicamente, até mesmo, sobre linearidade ou sucessividade dos fenômenos. Os conceitos

científicos constroem-se através de uma lógica de relações e, principalmente, nesse nosso estudo, as explicações ou conceitos a serem formados não estavam assentados nos aspectos óbvios da percepção, tanto que utilizei o artifício do modelo. Talvez, o distanciamento das experiências sensoriais e a exigência de uma lógica de relações tenham causado profundas dificuldades para essas alunas.

Outro momento importante da aula foi o debate sobre a formação da Terra e, neste, surgiu o conflito da 'teoria' da bola de fogo X teoria da acreção. Os defensores (Daniel e Alex) da bola de fogo utilizaram os argumentos da teoria adversa para se fortalecerem e, não só, influenciaram Moacir e André Luiz que ficaram no fio da navalha. Tábata, que já havia formulado todo um ponto de vista próprio, ajustou de seu modo o importante papel da atração gravitacional com a acreção. Os alunos que mais se aproximaram da versão do professor (Luís, Juliano, Alexandre, Roseléia e André Roberto) claramente sofreram influências da teoria da acreção. Acredito que não poderia ser diferente, já que ela vai explicar a formação da Terra de modo totalmente diferente da 'teoria' da bola de fogo.

O interessante a extrair desse conflito é que existe uma visão muito forte de que as idéias dos alunos são idiossincráticas e, portanto, refratárias a um compartilhamento social à moda da comunidade científica. Claro as diferenças são enormes entre a sala de aula e um fórum científico, mas a 'teoria' da bola de fogo foi partilhada por outros alunos além de seus defensores. A adesão não foi meramente afetiva. A 'teoria' da bola de fogo tinha a seu favor uma 'prova fatural' (as lavas dos vulcões e do interior da Terra) que no confronto não foi derrubada. Pelo contrário, alguns alunos, durante o debate, relativizaram a contraposição das idéias surgentes de acreção. Eles (Tábata e Luís) reutilizaram as idéias da ação gravitacional vistas anteriormente na formação das galáxias e deram uma nova explicação à existência de lava no interior da Terra. Ou seja, para sorte do Daniel e Alex, deram novo alento às suas idéias. Essa postura de relativização das idéias em discussão, que ocorreu em outros momentos da aula, contraria um pouco uma outra visão de que uma concepção alternativa é uma explicação pessoal para acontecimentos específicos, e o seu campo de aplicação é muito restrito e contextual.

Partindo-se para uma análise mais de detalhe, pode-se ver que, entre os alunos que dominam a narrativa sucessiva-causal e a continuidade espacial, em termos da representação e da abstração, um marcante divisor, seria, de um lado, os alunos que utilizam elementos

invariantes (identidade entre figuras) buscando uma, também, perceptiva continuidade espacial na narrativa (por exemplo: Juliano, Alexandre, Daniel, Moacir e André Luiz), e de outro lado, aqueles (apenas Luís) que já usam formas aparentes ou elementos variantes, o que demonstra um maior grau de simbolização e abstração.

Os desenhos (Juliano, Alexandre e Daniel) mostram que são as partículas aglomeradas inicialmente antes da explosão que sofrerão vários processos (acompanhados por figuras invariantes quadrinho por quadrinho) até formarem as galáxias e, as mesmas partículas vão evoluir compondo os planetas de nosso Sistema Solar (Juliano e Daniel). No desenho de André Luiz, nota-se essa continuidade de figuras invariantes da explosão à formação do Sistema Solar. Em Moacir, as espirais indicativas de galáxias em formação (Q5) são formadas pelos detritos da explosão.

É domínio, entre os alunos do grupo 2 e 3, a continuidade temporal; eles não apresentam dificuldades na narrativa sucessiva. É incipiente ou falta a continuidade espacial, daí, os quadrinhos serem isolados sem seqüência e necessitarem da escrita para adquirirem temporalidade. A falta de um grau maior de abstracionismo, que se nota na quase ausência da narrativa causal, reflete-se, também, em desenhos com pouca ou nenhuma simbolização. A similaridade é utilizada como imitação para representar imagens reais ou, em termos semióticos, como ícones, assim a nuvem cósmica é uma nuvenzinha, o buraco negro um buraco, etc.

Da dinâmica da aula debate, com omissões propositais ou não, enganos, intervenções erradas, insistência de certos alunos, criatividade de outros e etc surgiram as produções dos alunos. Com as histórias foi possível verificar com mais detalhes a evolução conceitual dos mesmos. Tal evolução continuou a se processar em função da continuidade do processo de ensino-aprendizagem, como mostro no capítulo a seguir. Da análise das histórias, foram levantadas algumas idéias que poderão facilitar novos trabalhos com esse tema ou outros em Geociências. Tal sugestão é explorada também no capítulo a seguir.

## Capítulo IV

### A continuidade do processo de ensino-aprendizagem



Dando continuidade ao processo de ensino-aprendizagem, na semana seguinte à realização das estórias entreguei aos alunos o texto “A origem do Universo: teoria da grande explosão - Big Bang” e dei uma aula expositiva sobre “A formação do Sistema Solar”. Na semana seguinte, finalizamos o tema com uma avaliação escrita (atividade 6)<sup>24</sup>. Após a atividade das estórias e até o começo da nova unidade temática ‘minerais e rochas’, realizei entrevistas individuais com mais da metade da turma, perguntando aos alunos sobre o que acharam da aula, se haviam gostado do tema, se tinham tido dificuldades e quais eram essas.

A avaliação final do tema foi realizada com todos os alunos, e constou de um questionário cujas perguntas foram propostas pela professora de geografia.

Os elementos de ensino à disposição dos alunos para estudarem visando a avaliação final foram: as respostas do questionário inicial, a memória da aula debate, as estórias, o texto distribuído sobre “A formação do Universo”, as anotações da aula expositiva sobre “A origem do Sistema Solar”. Então, para completar os elementos do ensino faltam o texto e os dados da aula expositiva, o que apresento a seguir, discutindo depois os resultados da avaliação final e o conteúdo das entrevistas.

### **Texto: “A origem do Universo: teoria da grande explosão -big bang”**

O texto, a seguir, foi entregue aos alunos após a atividade 4 e antes do início da aula expositiva sobre “A formação do Sistema Solar”. Ele contém, de modo resumido, as principais idéias que nortearam a mediação dos professores na aula debate.

---

<sup>24</sup> Eu realizei o estudo de caso em uma escola pública, onde as avaliações são feitas bimestralmente e coincidiu o término da unidade temática com o bimestre de notas. A estrutura da escola dá prioridade ao rendimento dos alunos em forma de produtos. Quanto à necessidade da nota e de uma avaliação final em forma de prova, eu não quis interferir para buscar uma outra alternativa. Modificando completamente a vida acadêmica daqueles alunos eu estaria criando um ambiente muito artificial e muito próximo da sala de aula 'ideal' em uma escola 'ideal'.

Essa teoria propõe o primeiro estágio da evolução do Universo como sendo uma grande explosão, ocorrida a partir de um ponto no espaço, onde toda a matéria e energia esteve reduzida a poucas dimensões e elevadas pressões e temperaturas.

Após a grande explosão houve a dispersão e expansão de uma nuvem de gases muito densa, com altas temperaturas e extremamente brilhante por causa da emissão de luz. Nesta fase a matéria não se agregava entre si devido à alta temperatura, mantendo-se espalhada e expandida uniformemente pelo espaço.

Por que a matéria no Universo não continuou perfeita e uniformemente distribuída até nossa época?

Com a expansão da nuvem cósmica sempre prosseguindo, a temperatura foi diminuindo e em algumas partes no Universo se desenvolveram regiões ligeiramente mais densas, onde a expansão se retardou devido à atração gravitacional nestas regiões. Isso fez com que a matéria ao redor de um centro de gravidade comum passasse a se concentrar. Essas regiões entram em colapso e começam a girar pela contração da matéria. Inicia-se, então, a formação das galáxias.

Iniciada a formação das galáxias, elas continuam diminuindo de tamanho, sua densidade vai aumentando e se formam bolsões de gases denominados nuvens estelares com proto-estrelas (estrelas iniciais) em seu centro. Num determinado estágio de maturidade, esses gases são convertidos em estrelas e a galáxia está constituída.

As estrelas iniciais possuem altíssimas densidades e forças gravitacionais juntam os gases (principalmente hidrogênio). Ocorre, então, a aceleração dos átomos, iniciam-se as fusões nucleares (transformação do gás hidrogênio em gás hélio) crescendo a temperatura e a emissão de luz. Assim, temos a estrela constituída. De modo parecido, formou-se o Sol.

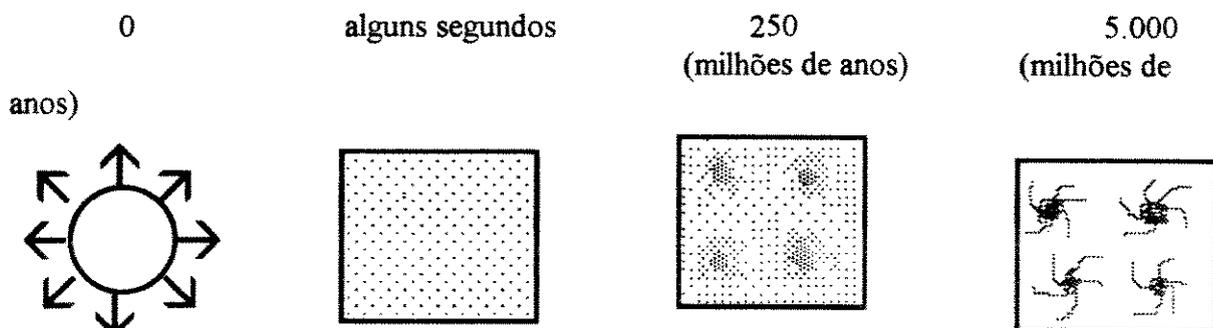
Depois de alguns bilhões de anos, ocorreu a formação do Sistema Solar com seus nove planetas, seus satélites (luas), seu cinturão de asteróides e os cometas que periodicamente se aproximam do Sol.

A unidade básica do Universo são as galáxias, cada uma das quais é uma nuvem de estrelas. As galáxias são separadas entre si pelo espaço quase completamente vazio, no qual existem poucos átomos de hidrogênio.

Os processos que ocorrem no Universo são de dois tipos: explosivos, como o que deu origem ao Universo ou os que formam as Supernovas, e gravitacionais, como os que atuam na formação das galáxias e estrelas. Nesses processos existe um certo equilíbrio pois as explosões dispersam a matéria e a atração gravitacional volta a reuni-la.

Faremos a seguir um esquema dos principais acontecimentos da formação do Universo até a origem das galáxias e suas idades aproximadas:

## TEMPO APROXIMADO



## ACONTECIMENTO

<b>grande explosão</b>	<b>origem da luz e expansão da nuvem de gases</b>	<b>enxame de galáxias iniciais</b>	<b>galáxias</b>
------------------------	---	------------------------------------	-----------------

No texto, não consta nada sobre a formação do Sistema Solar, porque, no transcorrer da aula debate, não foi possível nenhuma discussão mais consistente sobre o assunto. Também, nada consta sobre a formação da Terra, apesar de sua inicial discussão durante a aula, porque era nossa intenção voltar ao assunto na aula expositiva que passo a relatar resumidamente a seguir.

**Aula expositiva: "A origem do Sistema Solar"**

A experiência e a reflexão sobre nossa prática docente são básicas para um constante aprimoramento das aulas. Ao fazer uma análise superficial das estórias dos alunos para ter uma primeira impressão do aproveitamento deles, eu fiquei feliz porque reforcei a minha hipótese de que o desenho é importante nas Geociências e, também, porque alguns alunos tinham produzido boas estórias. Algumas das idéias que eu só cheguei a aprofundar durante a redação desta pesquisa, já nasceram daquela análise superficial. Mas a experiência fez falta, pois, naquela altura, não percebi que os próprios desenhos dos alunos precisariam ser trabalhados logo em seguida, como continuidade do tema e das discussões. A aula seguinte à tarefa de produção das estórias, eu a preparei com caráter mais expositivo e não me dei conta do rico material que tinha em mãos para desenvolver a própria aula. Posteriormente, eu percebi que discutir com os próprios desenhos dos alunos seria interessante como estratégia de ensino. A interação com as idéias dos alunos seria um meio para respondermos uma indagação

fundamental para o ensino de Geociências: como representar os processos espaço-temporais da formação do Universo? Estas discussões poderiam ser feitas em nível qualitativo realçando as elaborações dos alunos e relativizando o próprio conhecimento científico. Assim, comecei a aula sobre "A origem do Sistema Solar" (atividade 5) sem trabalhar os desenhos deles. Talvez, se eu fosse um professor de crianças, eu teria percebido, 'numa olhada', a verdadeira dimensão dos desenhos e, a aula seguinte, teria iniciado com os desenhos. Também sobre o texto, faria diferente. Entregaria-o logo após a atividade 4 e pediria para os alunos lerem e prepararem as dúvidas para serem discutidas junto com os desenhos, como atividade 5. Não querendo hierarquizar em termos de importância as causas de não ter trabalhado os desenhos na aula expositiva, gostaria de citar que outro fator que interferiu nas minhas decisões foi o pequeno tempo, de apenas uma semana, para analisar os desenhos e preparar a aula.

A aula foi muito expositiva e, portanto, o relato é mais breve; a descrição e análise da mesma são diferentes das da aula debate. Isso significa que apenas coloco em relevo e explico as idéias que trabalhei, as definições, os desenvolvimentos levados a diante e as retomadas feitas.

Posso agora iniciar a descrição da aula. Comecei dizendo aos alunos que para parte das dúvidas da aula debate, eles poderiam encontrar alguma provável solução na leitura do texto sobre o Big-Bang. A aula expositiva iria versar mais sobre "A formação do Sistema Solar" e apenas, de início, retomaria algumas questões que julgava importantes serem rediscutidas do tema anterior. Retomei o papel da atração gravitacional na formação das galáxias, único problema que percebi na análise superficial que fiz dos desenhos. O enfoque principal da aula expositiva foi mesmo a retomada do último assunto da aula anterior (o buraco negro) e a introdução do tema "A origem do Sistema Solar".

Comecei a aula falando: *"O que acontece quando a matéria estelar da nuvem cósmica passou a se concentrar em certas regiões e, relativamente às áreas vizinhas, a se esfriar mais rapidamente?"* Vários alunos responderam: explode.

Eu direcionei as idéias afirmando que as galáxias iniciais são formadas por aumento de densidade e diminuição de temperatura em uma dada região, o que provoca o colapso desta região originando a contração e movimento rotatório devido, também, a um aumento relativo da atração gravitacional naquela região.

Retomei o assunto sobre o buraco negro falando primeiro sobre a Supernova: *"Uma estrela por volta de 4 vezes o tamanho do Sol pode explodir formando uma Supernova, quando todo o seu combustível nuclear for esgotado a estrela se colapsa (concentração à altas temperaturas da matéria até a explosão) liberando toda a sua energia gravitacional."*

*"Já uma estrela com massa ainda mais alta pode ter outro destino, na fase final de seu combustível nuclear. Sua atração gravitacional é tão grande que sua matéria se comprime num volume tão diminuto que, praticamente, a estrela deixa de existir, tornando-se um buraco negro, onde nem a luz poderia escapar de sua força gravitacional."*

Em seguida, Juliano perguntou: *"O Sol pode transformar-se num buraco negro e engolir todos os planetas?"* Respondi que não, pois o nosso Sol tem dimensões e massa modestos.

Daniel: *"por que o buraco negro não tem luz? É mesmo um buraco?"* Tentei usar um contra-exemplo: *"por que os planetas têm luz, ou melhor podem ser vistos?"* Responderam: eles refletem a luz solar. Solicitei que fizessem um paralelo com o buraco negro. Fizeram e entenderam que um buraco negro perto de uma estrela poderia refletir a luz desta. Percebi o erro do contra-exemplo e retomei a questão do Daniel mostrando e retomando as idéias escritas alguns parágrafos atrás sobre os buracos negros, reforçando que estes são locais de altíssima densidade no Universo e que, ao contrário de refletirem, atraem toda e qualquer luz.

Iniciei a discussão sobre a origem do Sistema Solar enfocando a energia do Universo. As galáxias, cheias de estrelas, emitem continuamente quantidades enormes de luz e calor. A maior parte da energia é emitida pelas estrelas. Em geral, quanto maior é uma estrela mais energia emite e, por isso, mais quente está sua superfície. Desse modo, as mais quentes são as gigantes azuis (com 25.000 °C em sua superfície); depois, as estrelas amarelas, de tamanho mediano, como o Sol ( com 5.000 a 10.000 °C); finalmente, encontram-se as vermelhas, pequenas (com uns 3.000 °C na superfície). As estrelas azuis emitem mais energia e, daí, consomem mais rapidamente o seu combustível de hidrogênio e vice-versa as vermelhas e, naturalmente, as amarelas ficam no meio-fio.

Juliano perguntou: *"o Sol já foi um estrela azul?"* Eu percebi que o que estava por trás de tal pergunta era a idéia de uma história da degeneração de estrelas, ou seja, as estrelas poderiam ao longo do tempo ir degenerando de azul, passando pela amarela, até a vermelha. Percebi, também, que a informação dada anteriormente é que gerou tal pergunta, então, junto

com a classe, eu explicitarei novamente a relação entre as estrelas, a temperatura de sua superfície e o consumo de combustível: azul - mais quente - consumo rápido; amarela - temperatura média - consumo médio; vermelha - menos quente - consumo lento. Como isso tem relação com o tempo de vida de cada tipo de estrela, nós temos o inverso da linearidade anterior: azuis - vida curta; amarelas - vida média; vermelhas - vida longa, então, eu perguntei: *“Qual o tempo de vida das azuis se elas consomem mais rapidamente o seu combustível? E as amarelas e as vermelhas?”* Eles responderam que as vermelhas duram mais, depois as amarelas e as azuis duram muito pouco tempo. Relembrando depois a pergunta do Juliano, eles chegaram à conclusão que o Sol não foi uma estrela azul, pois as estrelas azuis duram muito pouco tempo e o Sol, por ser amarelo, já é bem velho e, ainda, vai durar, relativamente, mais um bom tempo.

Enfatizei de novo as supernovas e buracos negros sob o ponto de vista da energia do Universo. Enquanto as supernovas, que se tornam nebulosas explosivas, emitem uma grande quantidade de energia até que se dispersem no espaço, os buracos negros absorvem, atraindo quaisquer objetos ou radiações que passem nas suas vizinhanças. Informei que parece que existe uma relação de quantidade de energia com o tamanho das estrelas, assim as estrelas que potencialmente podem virar buracos negros, provavelmente, são maiores do que aquelas que podem virar supernovas. Mas tanto as potenciais supernovas, como os buracos negros são do porte das gigantes azuis.

Passei, então, à discussão da origem do Sistema Solar. Expondo e colocando na lousa, eu introduzi, com base em Rodríguez, Villa & Anguita (1990), os nove principais fatos da teoria Planetesimal atual, que se seguem:

- 1.- explosão de uma supernova perto da posição atual do Sol;
- 2.- as emissões explosivas da supernova fazem colapsar e surgir uma região escura de uma nebulosa: a Nebulosa Solar;
- 3.- o centro da Nebulosa Solar converte-se em uma estrela: o Sol;
- 4.- as zonas centrais da Nebulosa Solar apresentam muita matéria; as zonas esquentam-se e a matéria vaporiza;
- 5.- a Nebulosa Solar deixa de contrair-se; esfria-se pouco a pouco e o vapor (os gases) condensa-se: formam-se as partículas sólidas chamadas **planetesimais**;

- 6.- o Sol recém formado é muito ativo e através dos ventos solares expulsa para as bordas a matéria mais leve;
- 7.- os planetesimais chocam-se entre si e ficam unidos, se sua velocidade de choque não for muito grande. Assim, formaram-se primeiro os asteróides e logo depois os **planetas terrestres**;
- 8.- todo o hidrogênio e o hélio das bordas (parte exterior) se colapsa e se formam os **planetas gigantes**;
- 9.- os asteróides soltos caem sobre os planetas já formados: é o grande bombardeio de meteoritos.

Quando ficou clara a origem do Sistema Solar explicada pela teoria Planetesimal, Daniel disse: *"Ué!, minha professora da 3ª série me ensinou tudo errado."* Nesse momento, veio a confirmação, para mim, de onde vinham suas noções tão claras sobre a 'teoria' da bola de fogo. Em seguida, intervim dizendo que não é uma questão das idéias de sua professora estarem erradas, pois não estão; apenas que esta teoria planetesimal é mais nova e explica melhor uma maior quantidade de novos fatos. As idéias evoluem, algumas teorias se modificam e outras são deixadas de lado e novas surgem.

Retomei a aula, perguntando se eles sabiam de algum vestígio do bombardeio meteorítico. Responderam: crateras na Lua. Eu levei um susto pela rápida resposta, confirmando-a e indagando: *"por que as crateras na Lua estão mais conservadas do que as da Terra?"* Responderam primeiro que a causa é a falta de atmosfera e aí discutimos se existia atmosfera, oxigênio na Lua e depois eu questioneei: *"que fenômeno natural ocorre na Terra que não ocorre na Lua?"* Demorou um pouco e eles formularam a noção de chuva e depois de ciclo d'água. Com isso foi fácil, eles compreenderem a não conservação dos impactos dos meteoritos na Terra.

Passei a colocar na lousa um quadro para eles entenderem melhor os planetas terrestres e os planetas gigantes. O quadro segue:

**Características físicas dos planetas**

	Planetas	Inclinação do eixo de rotação	Massa (Terra = 1)	Gravidade (Terra = 1)	Peso de uma criança (na Terra = 44Kg)
Planetas Terrestres	Mercúrio	28°	0,05	0,4	18
	Vênus	3°	0,8	0,9	40
	Terra	23°	1	1	44
	Marte	24°	0,1	0,4	18
Planetas Gigantes	Júpiter	3°	318	2,6	115
	Saturno	27°	95	1,1	49
	Urano	98°	15	1,1	49
	Netuno	28°	17	1,4	62
	Plutão	?	0,002	0,014	0,6

Passei a explicar o quadro, diferenciando os planetas terrestres dos gigantes e, quando explicava que a atmosfera de um planeta está relacionada com a atração gravitacional, que por sua vez é proporcional ao tamanho dos planetas, perguntei: "*como é a atmosfera dos planetas gigantes em relação à Terra?*" Responderam: maior do que na Terra.

Outro momento importante foi quando afirmava que Vênus era uma exceção, pois girava ao contrário, era retrógrado em relação a todos os planetas que têm a rotação no sentido de leste para oeste. Então, perguntei por quê? A primeira resposta foi: "*alguma estrela está puxando Vênus para fora*". Eu indaguei: "*por que apenas Vênus?*" Dei um tempo para eles pensarem e solicitei que relemberrassem a formação do Sistema Solar. Um pouco depois, Juliano disse: "*choque com um meteorito*" Eu: "*é uma explicação boa; grande ou pequeno?*" A classe: "*grande.*" Confirmei e disse que a idéia que eles haviam chegado, sobre um provável asteróide ter mudado o sentido de rotação de Vênus, era uma hipótese bastante plausível formulada por astrônomos de renome. A professora de geografia ficou encantada com a resposta, pois ela não havia formulado nenhuma idéia razoável.

Descrevi a aula de modo bastante sintético mostrando, principalmente, o conteúdo veiculado, as principais dúvidas surgidas e as principais idéias expressas pelos alunos. Como nesta aula, foram introduzidos novos conceitos, estes também foram incluídos na avaliação final.

## Avaliação final

Analiso as respostas dos alunos na avaliação final seguindo a mesma ordem dos grupos 1, 2, 3 e 4 discutidos no capítulo III. Isto porque tive a intenção de verificar mudanças internas nos grupos.

As perguntas do questionário final foram: 1. - Explique com suas palavras e desenhe: a. a formação do Universo, b. a formação do Sistema Solar e c. a formação da Terra e 2. - Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias? Essas respostas estão contidas nos Quadros 4.1A (grupo 1), 4.1B (grupo 1), 4.2 (grupo 2), 4.3 (grupo 3) e 4.4 (grupo 4) que são apresentados na página subsequente ou antecedente a análise de cada grupo.

Analisei as respostas de cada aluno buscando verificar avanços ou retrocessos em relação às idéias expressas nas histórias. Em outras palavras, examinei se foram proveitosos as duas atividades de ensino finais do tema: o texto e a aula expositiva.

Começo com os alunos Luís, Juliano e Alexandre que, apenas friso, fazem parte do grupo 1, em que os membros atingiram um razoável desenvolvimento conceitual. Pontuo que as idéias construídas pelos três alunos se aproximam do modelo científico, sendo a influência de suas idéias prévias.

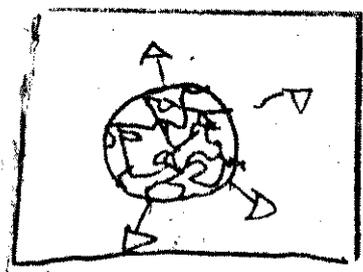
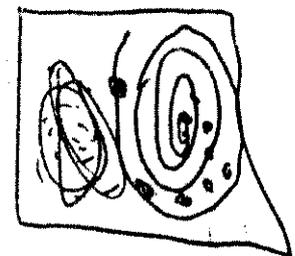
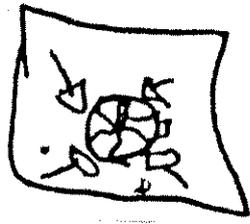
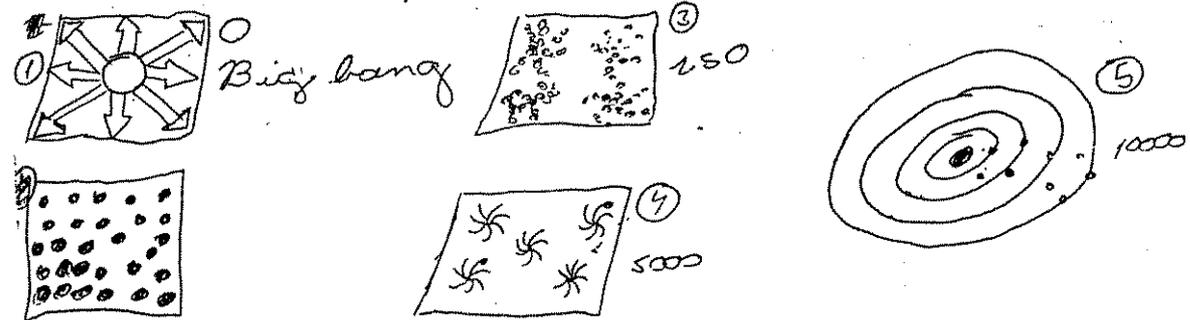
Considerando as novas respostas do Luís, constata-se que sua visão se aproximou muito da dos professores. Ele não abandonou algumas de suas idéias próprias, como o início de tudo através de uma justaposição de matérias. No Big-Bang, ajusta o símbolo de divergência do quadrinho inicial do texto com a sua idéia de matéria justaposta comprimida expressa na história. O papel da atração gravitacional para ele parece estar claro na sua resposta escrita e, visualmente, na sua resposta à formação do Sistema Solar. A sua capacidade de abstração e simbolização é excelente, em nenhum momento de toda a aula sobre o Sistema Solar foi dito ou desenhado que o processo de formação da Terra seria o inverso do processo

de explosão, ou seja, convergente: . A sua simbolização feita para explicar a formação da

Terra 'concretiza' o processo de acreção.

O Juliano respondeu a questão 1 como uma única resposta, ficando difícil uma interpretação sobre a formação do Sistema Solar e da Terra. Já, na sua história, havia um salto das galáxias para o Sistema Solar e lá ele dá uma explicação que pode ser extrapolada para a

Quadro 4.1 A - Respostas do grupo 1 às perguntas 1 e 2 do questionário final

Alunos	A formação do Universo	A formação do Sistema Solar	A formação da Terra	Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias ?
Luis	<p>Explosão do Big-Bang</p> 	<p>A junção da nuvem de poeira cósmica</p> 	<p>A junção e choque de partículas de poeira cósmica</p> 	<p>A importância é que se não existise não ia formar as galáxias e ia ficar ainda sendo a nuvem de poeira cosmica</p>
Juliano	<p>Big-Bang</p> 			<p>Foi a força gravitacional rotatoria que atraiu os fragmentos para formar as galaxias</p>
Alexandre	<p>Um acúmulo de matéria foi se acumulando com mais matéria, se comprimindo até que explodiu. uma força gravitacional foi atraindo conjuntos de matéria num movimento espiral e formando as galáxias</p>	<p>Os planetas começaram a girar em torno de uma enorme estrela, o sol, e formaram o Sistema Solar</p>	<p>Muitos meteoritos foram se acumulando porque na batida podiam explodir ou até se juntar e formando a Terra</p>	<p>É ela que faz os planetas dos sistemas girarem em torno da sua estrela</p>

Terra: as bolas de matéria esfriam-se e vão se arredondando formando os planetas. Aqui nós temos evidências apenas da formação das galáxias. O seu desenho respondendo à questão 1 da avaliação final é uma versão piorada de sua estória. Absorveu o esquema inicial de divergência da explosão do Big-Bang dado pelo professor e o seu salto das galáxias para o Sistema Solar não é tão claro como o de sua estória. Na verdade, parece que ele demonstra ter uma ótima memória visual. Ficou-me a forte impressão de que ele não conseguiu integrar e consolidar as novas idéias sobre a formação do Sistema Solar e de acreção que a aula expositiva tentou passar em continuidade à aula debate.

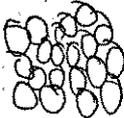
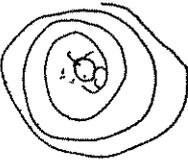
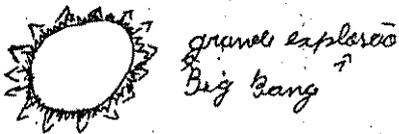
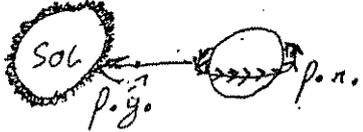
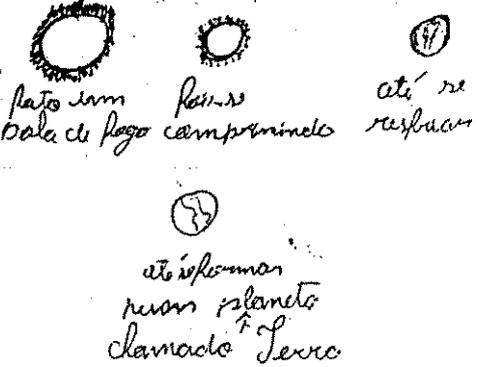
O Alexandre, confirmando a sua preferência pela escrita, não desenhou nada e escreveu muito, como em sua narrativa ilustrada. Em sua estória, igualmente à trajetória do Juliano, não era clara a formação do Sistema Solar, mas era evidente a idéia incipiente da acreção. As suas respostas ao questionário final confirmam que ele consolidou a formação do Universo até as galáxias. Ficou uma não compreensão da formação do Sistema Solar e ele de, um certo modo, compreendeu a noção de acreção na formação da Terra.

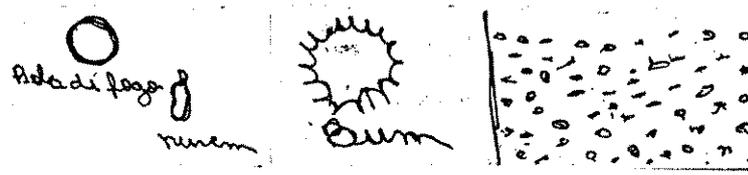
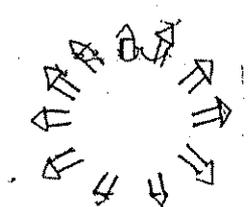
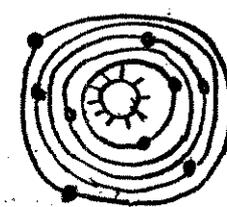
Considero agora com as respostas dos alunos Daniel, Alex, Moacir, André Luiz e Tábata, pertencentes também ao grupo 1.

As respostas do Daniel são interessantes. Sobre a formação do Universo, ele destacou o que foi o primeiro quadrinho de sua HQ (a matéria em partes justaposta e comprimida). Sobre a formação do Sistema Solar, a sua resposta é tão coerente quanto a do Alexandre, porém, somente no contexto de todas as aulas, é possível entender sua resposta. Foi lá, na aula debate, que ele ficou impressionado com a descoberta de que as galáxias têm centro, que marcou a sua estória (quadrinhos 9 e 10) onde ele faz a transposição direta das espirais, galáxias, para o Sistema Solar em forma de espiral. Na sua resposta sobre a formação da Terra, há fortes indícios de que ele começou a assimilar as idéias da acreção, contrárias à sua tão bem defendida 'teoria' da bola de fogo. A sua fala de que a professora teria lhe ensinado tudo errado, na 3ª série, já indicava o impacto das novas idéias em sua mente.

O Alex, que parecia ser o aluno da classe mais intransponível para novas idéias, modificou a origem do Universo da nuvem cósmica para a simbolização do Big-Bang. Na sua HQ, a formação dos planetas ocorria logo após a expansão das bolinhas em fogo e era dúbia a cronologia do fenômeno seguinte, se a formação das galáxias ou do Sistema Solar. Como foi feita a pergunta 1, não poderei resolver essa dúvida, porém ele manteve firme o resfriamento

Quadro 4.1 B - Respostas do Grupo 1 às perguntas 1 e 2 do questionário final

Alunos	A formação do Universo	A formação do Sistema Solar	A formação da Terra	Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias?
Daniel	<p>O universo se formou com a 1ª explosão chamada Big-Bang. "A Matéria se comprimiu tanto em alta temperatura, não aguentou e explodiu".</p> 	<p>Cada Sistema Solar tem um centro e o nosso centro é o Sol. Ele atraiu pela força gravitacional rotatória os planetas dando origem ao Sistema Solar</p> 	<p>A nuvem nebulosa se resfriou formando placas sólidas, essas placas sólidas foram se juntando pela força gravitacional formando a Terra</p> 	<p>É fundamental, porque sem a força gravitacional não haveria galáxias</p>
Alex	<p>Por uma grande explosão chamada "Big-Bang"</p> 	<p>Pela força gravitacional e rotatória</p> 	<p>De uma bola de fogo que foi se comprimindo e se resfriando</p>  <p>até se resfriar</p> <p>até se formar nosso planeta chamado Terra</p>	<p>E a importância que forma os sistemas solares dentro do Universo</p>

<p>Moacir</p>	<p>Uma nuvem aproximou-se de uma bola de fogo e explodiu, milhares e milhares de partículas se espalharam e se formou as galáxias, estrelas e os planetas</p> 	<p>Formou com uma explosão da supernova</p>	<p>A supernova explodiu e formou o sistema solar e a terra, também formou o sistema solar</p>	<p>Foi a força gravitacional que formou as galáxias e houve uma expansão e formou mais galáxias</p>
<p>André Luiz</p>	<p>O universo foi formado por dois meteoros que se chocaram</p>	<p>O sistema solar foi formado através de uma nuvem brilhante que foi se resfriando e se comprimindo, comprimindo e explodiu</p> 		<p>É importante na galáxia para que os Planetas não se percam no espaço ela atrai os planetas, sem ela os planetas estava vagando no espaço</p>
<p>Tábata</p>	<p>Foi um gigantesco meteoro que explodiu e lançou seus pedacinhos para todo canto</p> 	<p>Há o Sol, ele com sua força gravitacional atrai os planetas do nosso sistema e formou o sistema solar também com a rotação dos planetas</p> 	<p>Houve um meteoro muito atraente que atraiu outros pedaços e foram se formando grandes bolas</p> 	<p>Para continuar ser galáxia, para eles não se separarem cada um para um canto</p>

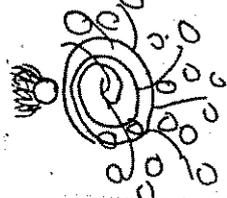
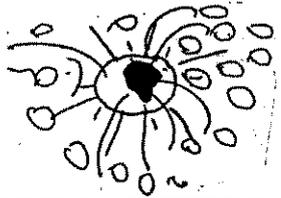
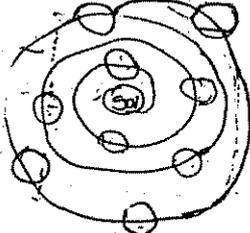
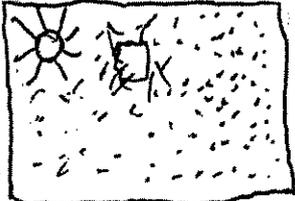
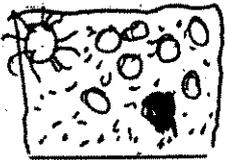
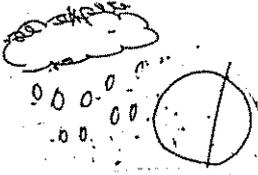
das bolinhas de fogo. Ele confirma o entendimento do papel da atração gravitacional na formação do Sistema Solar, restando a dúvida se a sua visão se aplica também à formação das galáxias.

Nas respostas do Moacir, fica marcante que as idéias expressas na sua estória estão assimiladas, pois ele as repetiu para explicar a formação do Universo. Pela sua resposta à questão 1, ele absorveu, da aula expositiva, que o Sistema Solar e a Terra surgiram da explosão de uma supernova. A sua resposta à questão 2 confirma seu entendimento do papel da atração gravitacional na formação das galáxias. Na sua estória, as idéias até a formação das galáxias eram claras e em relação a estas idéias era solto o Q4 que representava o Sistema Solar. Devido à forma da pergunta, continuei com a dúvida anterior.

O André Luiz, na sua estória já me inspirou comentários de que existiam duas idéias convivendo ou em conflito. Analisando o seu questionário final, parece que ele separa, como processos não interligados, a formação do Universo e do Sistema Solar. Aquele foi formado por dois meteoros que se chocaram; este por uma nuvem brilhante que se esfria, explode, etc. (aliás, neste o desenho é praticamente idêntico ao de sua estória). Ou seja, concluo que as suas idéias não estavam nem em conflito e nem em convivência, já quando de sua estória, pois toda a sua primeira parte ("*...foi através de uma explosão que houve de meteoros.*"), que ele escrevia se referindo à formação do Sistema Solar, provavelmente, já estava se referindo ao Universo, e é a sua segunda parte (a HQ1 tanto na estória quanto no questionário final) que verdadeiramente se refere ao Sistema Solar. O papel da atração gravitacional aparece na resposta à questão 2, já a formação da Terra e como as galáxias relacionam-se com a formação do Universo e do Sistema Solar ficam sem resposta plausível.

As influências das idéias prévias e a sua única intervenção mais consistente na aula debate foram determinantes na estória da Tábata, e foram tão influentes que estão presentes nas suas idéias finais. Na formação do Universo, manteve, respondeu e desenhou praticamente a mesma coisa que anteriormente, apenas 'melhorou' o seu desenho da explosão imitando o modelo divergente do professor. Na formação do Sistema Solar, ela respondeu, como quase todos os seus colegas, que o Sol atrai pela força gravitacional os planetas que passam a girar em torno dele formando o Sistema Solar. Ou seja, a aula expositiva sobre a teoria Planetesimal, até agora só foi absorvida em parte pelo Luís, Daniel, Alex e Moacir. Na formação da Terra, respondeu e desenhou o que formulou na aula debate, ou seja: o meteoro atraente...

Quadro 4.2- Respostas do grupo 2 às perguntas 2 e 10 do questionário final

Alunos	A formação do Universo	A formação do Sistema Solar	A formação da Terra	Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias ?
Edna	Com a explosão do buraco negro 	Com a explosão do sol 		É o que nos segura em pé. Para que não voemos no ar
Roseléia	O universo se formou de uma explosão entre galáxias 	O Sistema Solar se formou de 9 planetas 	A Terra se formou da crosta terrestre 	É que precisamos dessa força para podermos parar em pé, o mesmo acontece com os planetas
André Roberto	Com a explosão do Big-Bang 	Com a explosão de um astro 	Com o esfriamento das partículas 	A importância é o movimento de rotação
Surian	Se formou através da nuvem brilhante que explodiu 	Se formou através das galáxias que explodiram		

Posso concluir que a aula propiciou alguns avanços nos membros do grupo 1. Juliano, Tábata e André Luiz mantiveram na essência as suas idéias contidas nas estórias. Moacir apenas modificou alguma coisa em relação à formação do Sistema Solar. Os outros alunos modificaram com graus de qualidade o que fizeram nas estórias. Assim, texto e aula expositiva propiciaram o salto de compreensão do Luís, uma maior precisão nas idéias do Alexandre e, com certeza, o início da mudança de idéias no Daniel e Alex. Provavelmente, poderiam ter sido mais amplas as mudanças e consolidadas, se nós não tivéssemos mudado completamente o recurso de mediação que vinha sendo utilizado com sucesso, ou seja, mudamos da narração e dos desenhos para a aula expositiva.

Considerando agora os membros do grupo 2: Edna, Roseléia, André Roberto e Surian, cujas respostas são reproduzidas abaixo:

Percebe-se pelas respostas da Edna que o marcante são suas idéias prévias de explosão. Explosão do buraco negro formando o Universo e explosão do Sol formando o Sistema Solar. Aliás, na sua estória, ela conseguiu soltar-se mais e os seus desenhos são expressivos referente ao que eu designei de dois ciclos de explosão. No seu desenho, o quadrinho 7, representando a atração gravitacional, estava solto e ficou a dúvida se ela, de fato, tinha compreendido o processo gravitacional. Pela sua resposta à questão 2, parece que não. Ela e outros alunos, que ainda discutirei, irão responder sobre a importância da gravidade para nós aqui na Terra.

As respostas da Roseléia dão-me uma nítida impressão de que ela regrediu, pois, principalmente, o primeiro parágrafo de sua narrativa escrita tinha uma certa coerência lógica; é certo, também, que os parágrafos seguintes e o desenho apresentavam incongruências ou incoerências. Parece que eram incoerências que só foram possíveis de uma melhor interpretação agora. Sobre a formação do Sistema Solar e do papel da atração gravitacional, foi reforçada a idéia de que os desenhos de sua estória não seriam expressão de um provável processo de assimilação, mas sim, de suas idéias prévias que, semelhantemente, estão expressas nas respostas do questionário final.

A estória do André Roberto já indicava dois eventos separados: a formação das galáxias e do Sistema Solar; os desenhos eram pobres e para sua interpretação necessitavam da narrativa escrita. A falta de expressividade nos desenhos aprofundou-se no questionário final, uma vez que os referentes à formação do Universo e à formação do Sistema Solar são muito

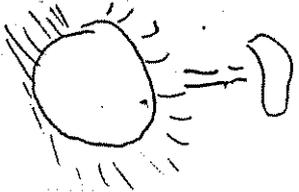
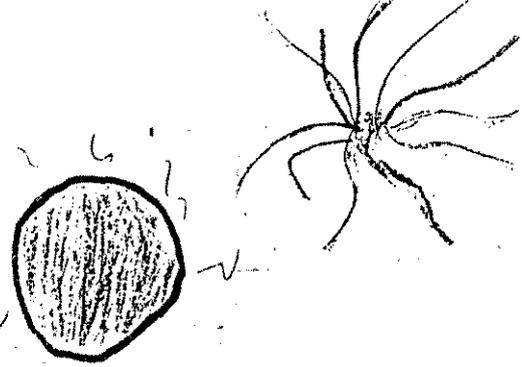
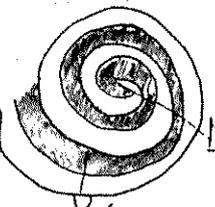
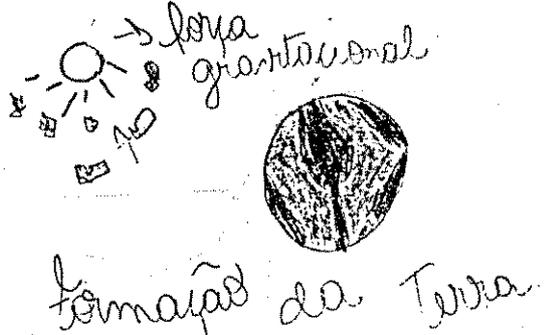
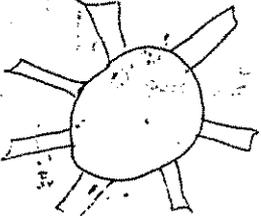
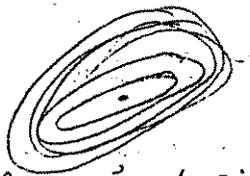
semelhantes, que por sua vez não são muito diferentes do referente à formação da Terra. É bem verdade que as idéias conceituais do André são bastante simples, com uma certa influência de suas idéias prévias. Guardou o chavão de que foi o Big-Bang que explodiu e retornou à sua idéia prévia de explosão de um astro para explicar a origem do Sistema Solar. Talvez, o conceito que estaria mais próximo de uma assimilação, se tivesse sido trabalhado com os desenhos, seja o de acreção, que ele escreveu confusamente em sua estória ("*Com a atração gravitacional e o movimento rotatorio foi se resfriando e causando os choques de particulas sólidas formando o sistema solar.*") e reapareceu na formação da Terra como: "*esfriamento das particulas.*" Pela sua resposta à questão 2, ele não compreendeu o papel da atração gravitacional na formação das galáxias.

Resta Surian para completar o grupo 2. Ela não apresentou uma idéia prévia sobre a formação do Universo quando respondeu ao primeiro questionário. Praticamente, as suas idéias surgiram com o desenrolar do próprio tema, e a melhor expressão delas foi a sua estória. Outro momento foi o questionário final. Diante disso, o que é possível interpretar do que ficou retido em sua mente parece ser que as explosões que formaram as galáxias e o Universo e, neste caso, absorveu que foi a nuvem brilhante que explodiu. Não existem indícios de que ela tenha compreendido alguma coisa sobre o papel da atração gravitacional e como se originou a Terra.

Como conclusão, posso afirmar que a característica marcante do grupo 2 é a de haver compreendido, no mínimo, a explosão, algum efeito da explosão e um fenômeno de formação da galáxia ou Sistema Solar. Avanços no sentido de um melhor entendimento da expansão e do papel da atração gravitacional não foram conseguidos. Outro aspecto constatado, foi a forte influência das idéias prévias nas respostas da Roseléia e do André Roberto, o que mostra que, se os conceitos não forem bem assimilados, há um retorno às antigas ou primeiras noções.

Se com as respostas do grupo 1 já havia ficado claro os limites da aula expositiva por ter propiciado apenas alguns ganhos de conhecimento em relação à aula debate, com os resultados do grupo 2, não há mais dúvidas. Houve um 'buraco aberto' no meio do caminho que só alguns (sendo otimista) viram 'a pinguela' para atravessá-lo. A mudança brusca da aula debate para uma aula expositiva reduzindo consideravelmente a negociação de significados e a exploração das idéias dos alunos, parecem-me ser as causas principais do estancamento da evolução conceitual dos alunos verificado até aqui.

Quadro 4.3- Respostas do grupo 3 às perguntas 2 e 10 do questionário final

Alunos	A formação do Universo	A formação do Sistema Solar	A formação da Terra	Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias ?
Eric	Com a explosão de um sistema solar que deu origem ao universo 	Com a força gravitacional com os pedacinhos de planetas e estrelas etc 	Com os meteoritos que foram se agrupando 	Que ela atrai os pedacinhos de astros
Karen	Com uma grande bola de fogo e se explodiu 	Com as galáxias  galáxia Sistema Solar	Com a força gravitacional com pedaços de meteoros  força gravitacional formação da Terra	Porque se não fosse a força gravitacional não existiria os planetas
Telma	Houve uma grande explosão de um buraco negro no universo. E cada partícula foi-se espalhando pelo espaço. E com a força da gravidade esses pedaços foram se juntando e até que se formou o universo	-	-	-
Viviane	O universo se formou através das teorias do Big-Bang e da grande explosão 	O sistema solar se formou através dos 9 planetas  formação do sistema solar	Não sei	-

Considerando agora as respostas dos membros do grupo 3: Eric, Karen, Telma e Viviane.

Relendo a estória do Eric, em nenhum momento ele escreve sobre as galáxias ou o Universo; trata exclusivamente o Sistema Solar. Comparando sua estória com as respostas ao questionário final, percebem-se avanços nítidos. Ficou claro para ele que o Universo surgiu da explosão do Sistema Solar, e ele começou a compreender o papel da atração gravitacional, visível em sua resposta à pergunta 2 e ao explicar a sua versão da origem do Sistema Solar. A idéia de acreção, que era incipiente em sua estória, está mais clara na sua explicação da origem da Terra.

Logo de início, nas respostas da Karen, aparece a volta de suas idéias prévias para explicar a formação do Universo. Sobre a origem do Sistema Solar, a sua resposta dá a entender que ele se originou conjuntamente com as galáxias, e é nítida a noção de acreção na sua explicação da origem da Terra. Pela sua resposta à questão 2, parece que ela relaciona o papel da atração gravitacional muito mais com a acreção e a formação da Terra do que seu decisivo papel na origem das galáxias.

A Telma optou somente pela escrita e demonstrou uma articulação bastante lógica das idéias muito semelhante à sua estória, apenas trocando a nuvem brilhante que explodiu pelo buraco negro. O papel da atração gravitacional que não foi respondido na questão 2 aparece nitidamente nas suas idéias sobre a formação do Universo.

A Viviane parece que decorou a origem do Universo e foi isso que ela respondeu na questão 1a). Em relação à formação do Sistema Solar, ela respondeu, como outros colegas, a constituição do sistema e não os processos de origem. A palavra 'formação' da pergunta propicia essa confusão, pois deriva de 'forma de algo', o que leva facilmente à constituição de algo. Sobre a formação da Terra e o papel da atração gravitacional, ela nada respondeu.

Como idéias gerais, posso apontar que os membros do grupo 3 mostraram mais avanços do que os do grupo 2. A notar Eric e Karen, que deram bons indícios de que começaram a compreender o fenômeno da acreção na formação da Terra e o papel da atração gravitacional como aglomeradora das partículas da explosão inicial, se bem que em relação à formação da Terra, e não em relação à formação das galáxias. No grupo 2, houve um retorno às idéias prévias, muito marcante nas respostas da Roseléia e do André Roberto.

Quadro 4.4 - Respostas do grupo 4 às perguntas 2 e 10 do questionário final

Alunos	A formação do Universo	A formação do Sistema Solar	A formação da Terra	Qual a importância da força gravitacional na formação das galáxias?
Tatiana	<p>A formação foi com uma nuvem brilhante que se explodiu e ficou chamada Big Bang</p> 	<p>Foi com a força gravitacional que se formou os 9 planetas</p> <p>Mercurio } Júpiter } Vênus } Terra }  Saturno } Urano }  Netuno } Plutão }</p>	-	-
Alessandra	<p>Foi de uma grande explosão</p> 	<p>Foi uma explosão de um buraco negro</p> 	<p>A terra se transformou pelo um meteoro</p> 	O sistema solar

Finalmente, as duas respostas abaixo referem-se a dois membros que compõem o grupo 4: Tatiana e Alessandra.

As respostas da Tatiana são de difícil interpretação. Parece que existe uma semelhança entre a nuvem cósmica que explodiu na sua estória com a nuvem brilhante que explodiu originando o Universo na sua resposta 1a). Já, a sua resposta à questão 1b) não me dá vestígios de que ela, de fato, compreendeu a origem do Sistema Solar, mas sim, de que ela sabe a constituição do mesmo e que nele atua a força gravitacional. Nada respondeu sobre a formação da Terra e o papel da atração gravitacional.

Infere-se para a Alessandra, que do casamento de sua estória com as idéias prévias foram originadas as suas duas respostas: colocando o esquema divergente da explosão do modelo e afirmando que o Sistema Solar surgiu da explosão de um buraco negro. Sobre a formação da Terra, responde que um meteoro foi importante no processo de origem. A sua resposta "*o sistema solar*" à questão 2 não me revela nada.

Meus comentários finais sobre a avaliação levam-me à uma situação de auto-crítica. Isso porque ao ter ministrado a aula expositiva, contrariei o que eu tenho defendido como estratégia geral de natureza construtivista, que se rege pelo princípio do ajuste da ajuda pedagógica. Segundo Coll (1985), é fundamental adequar o nível de ajuda ou de diretividade ao nível de competência dos alunos avaliando e interpretando continuamente as atividades dos alunos para conseguir um ajuste ótimo da intervenção pedagógica. Após a realização das estórias, não era o momento de uma maior diretividade, oferecendo aos alunos novas informações organizadas e estruturadas. Pelo contrário, era o momento de consolidar as competências aflorantes nas estórias, partindo delas, eu deveria ter discutido as questões que venho apontando como chaves para consolidar os conceitos formulados e deslanchar os conceitos em formulação latente.

Nós vimos pela aula debate e pelas análises das estórias e das respostas ao questionário final que os alunos apresentam tempos diferenciados de assimilação das idéias, bem como posturas diferentes em relação ao 'novo' (Luís, mais aberto, e Alex, mais fechado). Citando alguns casos, posso apontar: a estória e toda a postura do Alex, na aula debate, demonstram o seu persistente ponto de vista e uma barreira em relação às idéias do professor, somente após a aula expositiva assimilou apenas a idéia da explosão do Big-Bang; as idéias expressas pela Edna mostrando a convivência de seu ponto de vista prévio com as novas idéias da aula

debate, pois ela desenha partes do modelo, mas não consegue integrá-lo às suas idéias; a produção do Daniel que mostra o seu bem estruturado ponto de vista, mantido e adaptado porque passa a usar os novos conceitos científicos para reforçar o seu particular ponto de vista, conforme expressa sua estória, mas dá indícios, após a aula expositiva, de mudanças mais profundas quando responde, no questionário final, que a Terra foi formada por processos de acreção; a estória do Alexandre que é uma boa mistura de suas idéias com as do professor, ele teve uma boa compreensão do modelo, mas não encaixa bem a nuvem brilhante; e, por fim, com o questionário final, posso dizer que o Luís seria o melhor exemplo de uma maior aproximação com o ponto de vista do professor. Então, apenas por isso, precisaríamos de um maior tempo para desenvolver conceitos tão abstratos. E mais, as estórias mostravam claramente as dificuldades cognitivas dos membros dos grupos 2, 3 e, as quase intransponíveis dos membros do grupo 4. Por isso, também, eu deveria ter passado toda a semana anterior à aula procurando alternativas, tarefas, para fazê-los crescer conceitualmente. Ao invés disso, nós vimos nesta avaliação final, os resultados dessa minha prática construtivista 'apressada' e preocupada, como a maioria dos professores tradicionais, 'em seguir o programa'. Para mim, está claro que o problema principal foi do professor, quero dizer, meu, e não, como sempre, usando a válvula de escape, de que os alunos apresentam baixo nível cognitivo e, por isso, nós temos que dar o 'feijão com arroz de sempre'.

Sobre algumas sugestões para futuros trabalhos com esse tema, nota-se, pelos comentários sobre cada aluno, a quantidade de situações didáticas propícias à aprendizagem, que as estórias e as respostas ao questionário final de cada um apresentava. Vários aspectos poderiam ser explorados dos desenhos para, utilizando-os como problematizadores, chegarmos a algumas noções importantes antes de discutirmos a nova teoria Planetesimal. De imediato, para abrir espaço para essa teoria, poderiam ter sido enfocadas as situações que seguem: explorar o salto em quase todas as estórias das galáxias para o Sistema Solar; explorar a dubiedade da cronologia dos processos de formação das galáxias, do Sistema Solar e dos planetas, visto em várias estórias, o que já colocaria importantes e decisivos pontos: são processos diferentes o da formação do Universo e do Sistema Solar? Os planetas formaram-se primeiro e logo após a explosão e antes (ou junto com as) das galáxias? Naqueles alunos em que a expressividade foi mais rica, é muito claro que o início foi a partir de um aglomerado de pedaços de matéria justapostos, o que poderia ter sido explorado com as seguintes perguntas: Como, de fato, foi o início do Universo? Como seria a matéria inicial que explodiu? Qual o estado físico dessa matéria inicial? Nota-se nos desenhos desses alunos anteriores que o

aglomerado explode e os pedaços de matéria expandem e, depois, atraídos pela força gravitacional formam as galáxias e, dentro destas, dão origem ao Sistema Solar. Esses alunos, usando os pedaços de matéria, como figuras invariantes, que adquirem representações espaciais diferentes (aglomerado, nuvem, espirais em formação, galáxias e pedacinhos da matéria indicativos do Sistema Solar dentro de uma galáxia), de quadrinho após outro, mostraram a evolução dos fenômenos até o Sistema Solar. Isso poderia ter gerado os seguintes problemas: que transformações ocorrem com a matéria, em cada etapa, desde o início até o Sistema Solar? essas transformações são lineares sem transformações qualitativas (físicas e químicas)?

### **A avaliação do processo de ensino-aprendizagem pelos alunos**

Conforme mencionei no início deste capítulo, entrevistei 11 dos 18 alunos da turma a fim de obter suas opiniões sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido.

Procurei entrevistar alunos pertencentes a cada um dos quatro grupos para, assim, poder refletir melhor o pensamento de toda a turma. Desta forma, selecionei, aleatoriamente, 5 alunos do grupo 1 (62%), 2 do grupo 2 (50%), 3 do grupo 3 (75%) e 1 do grupo 4 (50%).

Fundamentalmente, as entrevistas giraram entorno de três perguntas: você gostou de estudar o tema “A Formação do Universo”? por que?; o que você achou das aulas? e você teve dificuldades para aprender o tema? quais?

Com relação à primeira pergunta, todos os alunos entrevistados responderam que gostaram do tema e os motivos foram desde o mais pragmático (“*é bom aprender agora, já que vamos ver nas séries seguintes*”) até os mais sofisticados (“*é interessante saber como se formou o planeta que a gente pode viver*”; “*interessante descobrir coisas que não sabia*”; “*compreender o significado do Universo e das galáxias*”). Pelas respostas deles e pelo ambiente que vivenciei na sala de aula, posso falar tranquilamente que eles se envolveram bastante com o tema estudado.

Com relação às aulas, somente uma aluna expressou que achou mais fácil aprender através da aula expositiva, mas foi contraditória quando falou que decorando não se aprende e achou que na aula debate, ouvindo e dando opiniões, foi melhor para fazer a prova. Os demais foram unânimes ao darem preferência à aula debate, pois segundo eles: “*esse jeito é bom, melhor do que só vocês falando*”; “*a gente pode dar opiniões*”; “*discutindo as idéias a gente*

*vai aprendendo*”; e “*é mais fácil aprender com os debates*”. Tais opiniões revelam o quanto é importante que o professor incentive e respeite a participação dos alunos, pois estes parecem saber muito bem que aprendem melhor quando podem expressar e discutir.

Aliás, no tocante à importância dos alunos expressarem suas idéias, todos os entrevistados apontaram que gostaram de produzir a estória porque “*ficamos mais livres*”; “*imaginamos mais*” e “*é muito mais divertido do que responder perguntas*”.

Tais opiniões, juntamente com os resultados de aprendizagem dos alunos e a declaração de todos os entrevistados de terem gostado de estudar o tema “A formação do Universo” vem ao encontro das nossas considerações sobre a viabilidade de se introduzir aquele tema já na 5ª série do ensino fundamental e, de quanto é importante para favorecer a ocorrência daquela aprendizagem, a produção e a exploração dos desenhos e a ênfase na narração dos alunos.

Os alunos dividiram-se entre aqueles que não tiveram nenhuma dificuldade em acompanhar a aula debate e aqueles com algumas dificuldades e poucos tiveram muitas dificuldades. Mesmo estes que tiveram muitas dificuldades, dividiram-se no entendimento da didática da aula debate entre achar que aprendem melhor com os debates ou com a aula expositiva.

Finalmente, se os alunos entrevistados não me apontaram nenhuma dificuldade significativa, isto não indica necessariamente que não tiveram nenhum problema mas, talvez, que não quisessem associar suas dificuldades à minha atuação como professor, dada à generalidade da pergunta que lhes fiz. Se, ao contrário desta, eu os tivesse entrevistado explorando, por exemplo, os porquês e as razões das suas produções (estória, resposta ao questionário final), certamente eu teria tido a oportunidade de me defrontar com várias dificuldades que seriam por eles apontadas.

Ao fazer esta outra auto-crítica, coloco em relevo mais um equívoco por mim cometido. E nem poderia ser diferente, pois, nestas reflexões e análises, que agora faço, do processo de ensino por mim desenvolvido, alguns acertos e vários problemas têm aflorado, os quais são ainda um pouco mais discutidos nas minhas considerações finais que se seguem.

## Considerações finais

Ao longo dos capítulos II, III e IV, procurei evidenciar como a dinâmica das conceituações dos alunos está condicionada ao fato de ser produzida em interação com as atividades e os discursos escolares, nos quais o papel mediador do professor é decisivo, principalmente, quando se pretende que os alunos aprendam noções, mesmo que introdutórias, sobre um conteúdo que apresenta um alto grau de abstração, como no caso do tema “A formação do Universo”.

Não foi nada fácil a mediação dos professores com relação a dois requisitos contrapostos: o de introduzir os alunos numa cultura preexistente de atitudes, pensamento e linguagem, e o de centrar a aprendizagem no aluno. Aliás, esse é um dilema motriz das interações em sala de aula, que pretendo desenvolver um pouco mais nestas considerações finais.

O melhor entendimento desse dilema passa pela discussão de algumas questões ‘corriqueiras’ de nosso dia-a-dia em sala de aula. Algumas delas são: como consertar rumos tomados indevidamente? o que fazer com os assuntos em aberto? o que deve ser efetivamente sistematizado? até onde se deve aprofundar um assunto?

Baseando-se no estudo de caso realizado, é possível discutir alguns pontos de vista e, para tal, conto com o farto material dos capítulos anteriores para enfrentar as questões acima levantadas. Com relação à primeira questão, é claro que problemas de percurso devam ser corrigidos<sup>25</sup>, mas na dinâmica das interações, não é nada fácil se ter a convicção de um rumo indevido. Existe uma série de fatores intervenientes nas interações: quando ser mais diretivo, fornecendo mais informações ou reconduzindo os maus entendimentos? quando recapitular ou problematizar? quais momentos são de escuta?

Frente a tal complexidade, parece que o mais fácil seria deixar os alunos construírem as idéias por si mesmos, ... como se isso fosse sempre possível! Todavia, apesar de estarmos buscando uma outra postura, em alguns momentos cruciais do debate, fomos dominados por essa postura tão enraizada de ‘deixar brotar’ as idéias dos alunos. Eu concordo com Edwards

---

<sup>25</sup> Por exemplo, a ênfase no uso da analogia com as bexigas, mais confundiu do que auxiliou os alunos no entendimento da noção de compressão da matéria cósmica.

& Mercer, que se apoiam em Bruner (1986), quando afirmam que o processo de aprendizagem não envolve simplesmente uma construção individual, mas sim coletiva, sendo um processo em que é fundamental compartilhar, comparar, contrastar e discutir os pontos de vista próprios com os outros. Assim, o ensino é um momento de negociação, é um encontro retórico e argumentador em que o conhecido é simplesmente o que alguém reivindica: está aberto ao escrutínio, à reflexão. Para eles, a noção de postura e contrapostura é básica e gostaria de citar um trecho de Bruner:

*“a linguagem do ensino, se quiser-se que seja um convite à reflexão e à criação de cultura, não pode ser a chamada linguagem não contaminada do fato e a ‘objetividade’. Deve expressar postura e contrapostura e, no processo, deixar lugar para a reflexão, para a metacognição. Este processo de objetivar em linguagem ou em imagem o que se pensou e logo dar-lhe as costas e reconsiderá-lo é o que nos permite avançar.”* (1986, p. 129, apud Edwards & Mercer, 1989, p. 164)

Outra postura seria aquela do professor ‘ingênuo’. Muitos professores introduzindo-se nas abordagens construtivistas, 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 lógica da ciência ou da sua própria 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 dos alunos em uma seqüência de pedaços separados de conhecimentos, não permitindo a eles próprios a tentativa de discutirem as suas formulações. No fundo, esse professor acaba mantendo o controle estrito, dominando o rumo e as discussões, já que determinou, antecipadamente, o que discutir e o que os alunos devem descobrir. Algumas vezes, me vi como um professor ‘ingênuo’. Tracei o rumo de conceitos importantes: explosão, matéria comprimida, expansão, nuvem brilhante e, em vários momentos, fui um rolo compressor.

Se estamos interessados em construir cuidadosamente contextos e marcos de referência a serem compartilhados com os alunos, não podemos pré-fixar as respostas a serem dadas, mesmo que utilizemos conceitos organizadores, e nem achar que seja possível uma auto-estruturação demasiado respeitosa dos encaminhamentos e concepções dos alunos. Ou seja, nem pelo unitário, que se refere a levar em conta cada aluno individualmente e nem pelo sintético, que se refere às generalizações possíveis dos conceitos científicos.

Eu defendo e busquei mostrar neste trabalho que construir contextos de referência só é possível dentro de um marco de sistematização das idéias dos alunos e remodelação dos conhecimentos socialmente organizados. Assim, na prática, eu levei adiante uma experiência de vivenciar a negociação entre concepções pré-existentes e novas experiências, entre idéias cotidianas e conceitos científicos, entre visões de aluno e professor.

Para tal, com o aprofundamento do discurso em sala de aula, pude me arriscar a propor e adotar uma categorização para analisar as interações que estabeleci com os alunos. Com isso, aspectos favoráveis e desfavoráveis da minha mediação puderam mais claramente emergir. Por exemplo, quando introduzi o modelo de formação do Universo na segunda parte da aula debate, estava enfatizando o vetor conhecimento científico  $\Rightarrow$  conhecimento prévio; já, no início da aula, partindo das narrativas dos alunos, procurei enfatizar o vetor conhecimento prévio  $\Rightarrow$  conhecimento científico. No primeiro caso, a liberdade dos alunos foi menor, o rumo principal da aula foi dado por mim, com constantes aportes de informações, fornecimento de pistas, comparações, solicitações de explicações e reconduções, sempre focalizando o olhar e as falas para a compreensão do modelo. No segundo caso, a elasticidade da palavra e do espaço do outro foram maiores; atuei mais com problematizações e contraposições, remodelações e reespelamentos que procuraram reorganizar as falas dos estudantes. Mudanças de rumo patrocinadas por estes foram mais fáceis no segundo caso. Neste, também, foram mais presentes as controvérsias, os conflitos de opiniões entre eles e entre eu e eles. No conflito entre eles, isso evidenciou o discurso opositivo-argumentativo, em que coordenei as opiniões entre os alunos. Já o conflito entre eu e eles gerou um outro tipo de discurso, o de negociação de significados, em que fui atuante nos conflitos. Voltando ao primeiro caso, lá, ficou mais evidente a rápida evolução conceitual dos alunos e a pouca dispersão nas seqüências interativas, devido ao meu papel atuante de dar e solicitar informações e de induzir comparações. Utilizando o modelo de formação do Universo, como estrutura de suporte, o discurso IRA e vários reespelamentos fui levando as discussões e consolidando as conceituações compartilhadas.

De uma maneira mais detalhada, procurei, nos Capítulos II, III e IV, relacionar os passos da evolução conceitual dos alunos com as características da minha mediação sempre, quando possível, discutindo os problemas ocorridos e aventando encaminhamentos que poderiam ter sido usados. O que, precisamente, estou ressaltando nesse momento são as possibilidades de uso e de pesquisa dessa postura e daquelas categorias propostas no

Capítulo II. Ou seja, provavelmente, algumas delas sejam mais adequadas para uma situação ou outra, como, por exemplo, para introduzir temas, explicitar as idéias em discussão, levar discussões, solucionar maus entendimentos, relacionar as falas com informações mais relevantes, consolidar recontextualizações, etc. Acredito que ao apontar tal idéia, descortina-se um leque razoável de futuras pesquisas no ensino de ciências em geral e no de Geociências em particular, que possa investigar e aprofundar possíveis relações daquelas categorias, e de outras a serem propostas, com as diferentes naturezas dos conteúdos a serem ensinados e com diferentes objetivos de ensino pretendidos.

Com isso, estou apenas antevendo possibilidades de contribuir para a melhoria das interações em sala de aula, e não de buscar procedimentos para enrijecê-las pois, concordo com Edwards & Mercer (op. cit.) que o mais importante em uma sala de aula não é o controle, mas a relevância. Exemplificando, na primeira parte da aula debate, em que não foram experiências, mas sim os diálogos que constituíram as principais fontes de informações, a busca de rumo estava sendo dada pelo próprio movimento da aula. Precisamos estar atentos à elasticidade da palavra e ao espaço do outro. Por isso, não precisamos ficar angustiados e ansiosos com o desenvolvimento muitas vezes truncado de certas seqüências interativas e, também, com a dispersão temática em alguns momentos. Em vários destes, os alunos intervieram, ora expressando as suas conceituações, ora dando pistas para reconduções ou esclarecimentos a serem feitos, ora apontando novos rumos para o debate. Precisamos entender essa dinâmica, na qual somos parte atuante.

Um outro dilema corriqueiro para o professor, e que foi, também, por mim vivenciado, diz respeito à tomada de decisão sobre quando deixar, ou não, um conceito em aberto durante a aula. Acredita-se que os alunos devam (ao menos aparentemente) gerar sua própria compreensão das coisas através de seu próprio pensamento e experiência e devam chegar a compreender conceitos específicos pretendidos pelo ensino. Diante disso, o professor dirige sua mediação, ora para a construção das idéias pelos próprios alunos, ora definindo e sistematizando os conceitos e explicitando terminologias. Qual a medida certa da ajuda do professor para mediar o conflito, se ele, inclusive, é parte atuante do conflito? O conhecimento dos alunos foi constantemente ajudado e, na medida do possível, ajustado por perguntas, pistas, reconduções e reespelamentos, quando me parecia que por si só seriam incapazes de compreendê-lo. Concordo com Edwards & Mercer (op. cit.), que tal postura se encaixa no que exemplificam como atuação do professor na 'zona de desenvolvimento proximal' dos alunos,

solicitando destes uma participação ativa na construção de um conhecimento compartilhado, em lugar de limitarem-se a apenas escutar o que o professor fala. Parece-me que para tais decisões, entram em jogo, também, os pressupostos e as intuições do professor que o fazem, mais ou menos, definir um campo de validade para os conceitos a serem ensinados. Indico que, propositadamente, não insisti no uso preciso de várias terminologias, como também deixei em aberto o conceito do que teria explodido. Um dos motivos foi que, justamente, sobre o que explodiu apareceram várias idéias dos alunos e, a minha intuição, naquela altura, me dizia que, se eu desse a resposta, poderia estar fechando uma porta por onde estavam fluindo mais facilmente as idéias prévias dos alunos.

Até onde aprofundar um assunto está intimamente relacionado com as discussões anteriores, ou seja, a partir da estrutura do saber temos uma idéia do campo de validade, elaboramos os conceitos organizadores e as classes conceituais. Já, no contexto interativo, que epistemologicamente também é fonte de conhecimento, aflora a elasticidade da palavra e do espaço do outro que ampliam a complexidade das significações. Na prática, verifiquei essa complexidade e a necessidade de aprender a ser flexível ao mediar a aula debate.

Percebi, também, que um problema principal de uma aula debate é como tornar o diálogo, a negociação de significados com as idéias em discussão, um processo dinâmico e o mais abrangente possível para sínteses e generalizações que todos, ou a maior parte dos alunos, possam acompanhar. Em outras palavras, o que está em jogo, como vários autores apontam (Giordan & Vecchi, 1988; Astolfi & Develay, 1990; Pontecorvo et al, 1992; Arcá, 1993), é construir um sistema de conhecimento que se estruture dinamicamente através de estratégias de pensamento que intervenham para interpretar os dados, os fatos, visando a construção de idéias. Em outras palavras, como tornar, de fato, a sala de aula em uma dinâmica complexa de construção de conhecimentos?

Segundo Góes (1991), Vygotsky propõe um programa metodológico que consiste em estudar o comportamento em mudança e as condições sociais de produção dessa mudança. Para ela, não podemos isolar o momento da ação de seu contexto, de sua história, nem isolar o sujeito do plano das interações. Sabemos que, no contexto educacional, as interações são entre professor-aluno, aluno-aluno e concepções científicas-concepções prévias. E que, nas relações comunicativas da interação, como já indicou Girardet (1992), devemos considerar a explicação como função da própria interação, já que explicar é uma atividade social e, explica-

se algo a alguém para promover uma mudança no interlocutor. Então, a escola tem papel privilegiado na interação verbal entre crianças-crianças e o adulto (aluno-professor), porque existem, de fato, a presença de interlocutores e a disparidade de conhecimento entre locutores. As implicações anteriores são de difícil controle pois, segundo Góes (op. cit.) afirma, a autonomia do sujeito e a regulação de suas ações se constroem nessas interações complexas.

Concordo com Girardet (1992) que, na escola fundamental, um possível domínio das crianças sobre a capacidade de fornecer explicações próprias e de ouvir a dos outros, requer o estabelecimento de ligações entre a modalidade de explicação elaborada autonomamente pelos alunos e a modalidade própria da disciplina em foco de discussão porque precisamos estar atentos para não criarmos uma cisão estável entre dois sistemas paralelos um o disciplinar e o utilizado na vida cotidiana.

Cabe nesse momento, o exemplo do Daniel. Ele apresentou, desde o início, as suas idéias estruturadas e foi um grande defensor delas. No jogo discursivo, fez importantes reestruturações, mas estas foram adaptações, e ele manteve, na essência, as suas idéias. Ao tentar acompanhar as idéias do Daniel, uma verdade que tanto se fala, aparece limpidamente: não é fácil refutar diretamente um saber cotidiano, até porque dos primeiros conceitos mais 'espontâneos' sucedem concepções mais elaboradas e argumentadas, ou convivem, simultaneamente, as 'novas' idéias com as 'antigas'. Para estar atento a tudo isso, é necessário, da parte do professor, uma grande capacidade de ouvir e aceitar as elaborações conceituais de seus alunos, construindo 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, e discrimine as divergências que vão aparecendo.

Após a prática deste estudo de caso, agora, teoricamente, para mim, estas idéias estão bem assimiladas. No entanto, na prática, a coisa foi outra e deverá ser outra. Por isso, apenas algumas idéias a mais: até que ponto o professor sempre leva em conta as idéias dos alunos? O professor, tendo o caminho muito claro aonde quer chegar, precisa estar atento para não se tornar um condutor. O caminho, o processo que o professor tem na cabeça acaba sendo determinante. O professor precisa estar atento na interpretação das idéias dos alunos, e isso depende, em grande parte, de um bom domínio de conteúdo por parte do professor. Quando

existe um clima tranquilo de co-responsabilidade na sala de aula, os discursos são constantemente cortados tanto pelo professor como pelos alunos. Deve-se estar atento para mudar, até radicalmente, o rumo pré-estabelecido como, por exemplo, quando estávamos discutindo o que explodiu, e eu pretendia utilizar os resultados dos trabalhos de grupo: "*Eu pedi para alguns grupos fazerem um desenho do Universo, galáxias e o Sistema Solar.*" Porém, diante do questionamento do Alex: "*Professor, ...esta nuvem pode ter também ganhado energia e não agüentado a energia e BUM!!!*", o rumo da aula foi totalmente diferente do que seria caso eu insistisse nos desenhos. O inverso também é verdadeiro, muitas falas dos alunos não devem ser levadas adiante, como as constantes perguntas sobre o buraco negro. E isso não significa que se está desvalorizando o que está sendo dito pelos alunos. É importante diferenciar curiosidades, coisas que serão tratadas mais a frente, do sumo de uma discussão. Não podemos cair na valorização extrema da construção autônoma do conhecimento pelos alunos, isto é, 'deixar brotar' as idéias quaisquer que sejam elas. Não se pode ter medo de cortar, quebrar o discurso. A decisão do professor parece ser tomada em decorrência de uma mistura de intuição e de um conhecimento profundo do assunto. Não é fácil tal decisão, e é problemática, porque a decisão do professor sempre tem uma dose de arbitrariedade, de poder e sempre ele dá continuidade ou corta o discurso. No entanto, nem sempre é tão claro, se a intervenção de um aluno está no rumo em construção. Ao dar continuidade, pensa-se que dará frutos, mas, as vezes, não dá. Ao não dar continuidade também, as vezes, os frutos não vêm. Só o professor tem o poder de cortar, por sua autoridade, as iniciativas dos alunos. Muitas vezes, as discussões necessitam de uma grande mudança de rumo que, na maioria das vezes, depende da iniciativa do professor, mas é genial quando aquela é dada pelos alunos e captada pelo professor. Contudo, será que não podemos criar, de fato, um espaço para o outro e, assim, os rumos passariam a ser dados também pelo outro, e ao professor caberia não apenas captar e incentivar, mas ser uma parte 'quase igual' na negociação de significados? Neste sentido, a assimetria da interação não seria mantida pelo controle, mas pela relevância e, assim, as relações seriam menos ideológicas e menos problemáticas.

Em continuidade a esse ponto de vista, sabemos que é inevitável a educação em sala de aula sem um fundo de regras, pressupostos e conhecimentos implícitos. Porém, concordo com Edwards & Mercer (op. cit.) que algumas coisas precisariam ser explicadas em sala. Segundo os autores, parece ser prática comum e apreciada por vários professores, o dar a lição sem que julguem necessário dizer aos alunos porque estão realizando certas atividades, ou como tudo

se encaixa com o que estão fazendo e com o que continuarão a fazer. Eles afirmam que isso não é acidental, pois evitar a comunicação explícita dos objetivos e contextos de uma atividade é consequência da ideologia do professor: *“os alunos são essencialmente indivíduos que buscam a realização de seu próprio potencial individual, não há que ‘dizer-lhes’ coisas, devem aprendê-las por si mesmos.”* (1989, p. 169). Os referidos autores enfatizam que os professores, ao não se esforçarem abertamente para oferecer ajuda aos alunos a fim de que possam dar sentido às suas experiências, podem gerar a perda da utilidade de dessas experiências, ou que professor e alunos passem a recorrer a meios mais sub-reptícios de comunicação convencional. Por isso, afirmam que tal ideologia deva ser substituída por outra que enfatize a base sócio-cultural e discursiva do conhecimento e da aprendizagem. Com isso, configurar aulas que sejam mais abertas e explícitas pode propiciar um processo menos misterioso e difícil para os alunos.

Penso que para atuarmos assim, nós, professores, temos muito ainda a aprender. Precisamos desenvolver em nós as capacidades de sentir, de intuir, de interpretar as elaborações conceituais dos alunos, de, com eles, negociar significados. Enfim, precisamos tomar consciência do nosso papel mediador no processo de ensino-aprendizagem. Praticar aulas debates e ser um professor-pesquisador das mesmas, penso que seja um caminho a ser seguido. O relato, até esse momento, mostrou que a interação com os alunos propiciou melhoria da minha prática pedagógica, e a redação desta pesquisa foi substancial, também, ao meu crescimento, onde procurei investigar, criticamente, a minha prática de professor.

Penso que devido à complexidade da mediação do professor e do discurso em sala de aula, o que poderíamos fazer, como professores-pesquisadores, ao modo, semelhante ao que Edwards & Mercer (op. cit.) e Cazden (1991) já fizeram, é investigar e interpretar os modos pelos quais o conhecimento, em especial o conhecimento científico é apresentado, é recebido, é compartilhado, é controlado, é discutido, é compreendido ou é mal compreendido por professores e alunos nas salas de aula.

Sobre o conhecimento científico, poderei parecer conteudista com a seguinte afirmação: a estrutura do saber a ser ensinado é um dos determinantes da sala de aula. O que o aluno já sabe sobre o assunto é tão importante quanto a estrutura desse saber. É inegável a necessidade do professor saber a estrutura da disciplina a ser ensinada. Esse domínio lhe dará capacidades de não apenas abordar com os estudantes as explicações aceitáveis em um campo de validade, como a de descobrir ou experimentar aquelas que seriam mais frutíferas para o desenvolvimento temático da aula. Como exemplo, sem um conhecimento mais profundo, eu

não saberia qual o momento exato da utilização do modelo de formação do Universo e, talvez, nem saberia que a sua utilização seria importante e, numa hipótese pior, não saberia da existência do modelo. O ensino de um modelo, ou de qualquer idéia científica, provavelmente, trará problema se forem introduzidos arbitrariamente para os alunos. Parece ser necessário construir-se algum ancoradouro referencial. Por exemplo, somente após um certo consenso, sobre a expansão da nuvem cósmica na aula debate eu introduzi o modelo, pois este partia daquela idéia. Estava criado um referencial a ser partilhado. Por outro lado, retomadas importantes da aula, nem sempre são recomendáveis a partir de algumas idéias prévias dos alunos, porque pode-se aguçá-las de tal maneira que, depois, se torna muito difícil a colocação das idéias científicas. O 'conflito' fica muito evidente e a resistência aumenta. Muitas vezes, 'colocar' o aluno no mundo das ciências é levar em conta as suas idéias, mas já dentro do discurso científico. Por exemplo, as discussões e idéias dos alunos surgidas no tratamento do modelo foram por e para este direcionadas, através da minha mediação.

Lá, no Capítulo I, ao discutir o porquê do tema "A formação do Universo", afirmei que precisávamos formular, já para a escola fundamental, temas e atividades que trouxessem avanços significativos em relação à uma das regras habituais do raciocínio causal cotidiano dos alunos, que é a contigüidade espacial e temporal entre causa e efeito. Afirmei, também, que a argumentação para não se ensinar Geociências nesse nível escolar, era baseada na assunção de que, por exemplo, o reconhecimento de uma transformação geológica é extremamente limitado de ser realizado por esses alunos, devido a incompatibilidade da escala espaço-temporal com o aparato perceptivo-interpretador deles. Também, nessa argumentação, ocorria uma provável inversão, em que eram colocadas nos alunos as causas de não se ensinar, porque os mesmos apresentavam deficiências cognitivas em relação à raciocínios básicos das Geociências, tais como, o raciocínio e a representação espacial, a narrativa sucessiva-causal e os raciocínios de causalidade envolvidos nos discursos históricos. Além disso, outras dificuldades foram apontadas, como a existência de padrões espaço-temporais para vários desses fenômenos naturais, e a não existência de manipulações, experiências e observações diretas para a interpretação de muitos desses fenômenos.

Ao finalizar este estudo de caso, devo dizer que, para mim, toda essa argumentação dos outros geólogos pode ser questionada. Busquei, principalmente, nos Capítulos III e IV, mostrar através da evolução conceitual dos alunos, como eles conseguiram trabalhar aquelas capacidades que lhe são impostas como quase impossíveis.

Claro, sempre para esse nível escolar, o estudo de caso mostrou-me vínculos importantes entre a narração cotidiana e a narração histórica e a geocientífica. Mostrou-me que não se sustenta a visão de que os raciocínios de causa e efeito são apenas possíveis em simulações de laboratório, com experiências manipulativas e controladas.

Na aula debate, foi possível verificar a idéia de Scott (1992) de que a narrativa é uma linguagem corriqueira da criança. E esse aspecto foi positivo e notado logo de início, já nas primeiras formulações dos alunos sobre a formação do Universo. O problema colocado aos alunos, da origem do Universo, foi a força motriz dessa linguagem. E, lá, nós pudemos constatar que os alunos apresentaram uma narrativa não apenas sucessiva e, sim, com elementos de causalidade entre as causas e efeitos dos eventos relatados. As semelhanças foram nítidas com o discurso dos geocientistas e, também dos historiadores. Estes, quando explicam a história de um evento, utilizam a narrativa sucessiva-causal. Tal narrativa expressa o encadeamento cronológico das partes de um evento, estabelecendo entre elas implicações lógicas de causa e efeito. Foi possível notar que a própria dinâmica discursiva constituiu raciocínios de causa/efeito ao longo da aula debate. O discurso e o contexto do discurso forçaram, colaboraram para desenvolver esses raciocínios peculiares, no caso, de 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 histórias em quadrinhos em suas estórias 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 história em quadrinhos com o modelo, e outros uma narrativa escrita com ilustrações. Ou seja, os alunos compreenderam e utilizaram toda uma vivência cotidiana com narrativas e histórias em quadrinhos para se expressarem sobre o assunto em estudo. Simplificadamente, com as suas estórias, eu percebi que a linguagem escrita teve um papel mais descritivo no sentido de conduzir a narrativa, 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.

Parece-me inegáveis os avanços. De uma aula debate em que tínhamos um modelo em quadrinhos, surgiram verdadeiras narrativas com histórias em quadrinhos 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 da história em quadrinhos.

A análise mostrou-nos que os raciocínios de causalidade foram se desenrolando com o discurso de Geociências ao lado e, em consonância, com os conceitos cotidianos. O determinante para desenvolver tais raciocínios não foi o sensorial e o experimento, mas o discurso disciplinar que se estava ensinando. Uma pá de cal nos empiristas. No discurso do geocientista exercitado com esses alunos, há entre as partes narrativas uma sucessão cronológica e uma ligação de causa e efeito.

Vimos, também, que o entendimento do padrão explosão  $\Rightarrow$  aglomeração foi conseguido com a junção do artifício da sucessão dos quadrinhos do modelo, um após o outro, e a utilização simplificada de figuras que representaram a espacialidade dos eventos. No Capítulo II, eu procurei mostrar que, ao utilizar os quadrinhos B e C como produtos da expansão e forçar os alunos à procurarem as causas, eles, na verdade, exercitaram a racionalidade do efeito para a causa, que é típica das ciências históricas.

No capítulo III, foi possível ver como os alunos, com o suporte lógico dado, mostraram criatividade ao expressarem suas idéias. Eles se depararam com o problema de como salientar o objeto (nuvem, galáxias, etc) da própria caracterização dos processos da seqüência de eventos. Exercitaram os problemas decorrentes da representação espacial das figuras (contorno, fundo), da escolha das figuras que fossem representativas dos eventos a serem seqüenciados. Tudo isso nos mostrou a riqueza a ser explorada entre ícones, índices e símbolos utilizados. Por exemplo, os alunos, com maior capacidade de abstração, traspassaram analogamente a simbolização da explosão-divergência para a acreção-convergência. A maioria não atingiu esse nível, e fêz algo mais elementar que é transformar ícones em índices (nuvem-chuva, espiral-galáxias). Para a evolução cognitiva dos alunos, isso evidencia a importância da percepção visual e representação espacial nas atividades com padrões espaço-temporais e modelizações.

Acredito 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.

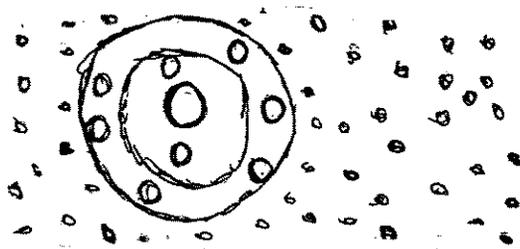
Contrariamente, aquelas complexidades impeditivas de se ensinar o conhecimento de Geociências naquele nível de ensino, na verdade, não só, em sua maior parte, são cognições básicas, como alicerçam a evolução de elaborações conceituais dos alunos, pois implicam em e ampliam noções de espaço e tempo, de relações de causalidades como, também, do argumentar e narrar histórico e de uma visão de natureza menos antropocêntrica. Cognições cujas aquisições implicam novos modos de 'ler' e explicar o mundo, novos procedimentos e novas organizações conceituais. Se acreditamos que em uma sociedade democrática, os sujeitos são mais atuantes e transformadores de acordo com a sua bagagem cultural, como privar estes cidadãos de um conhecimento fundamental, como Paschoale (1984b) já apontou, para a '**alfabetização da natureza**'? Como privá-los de uma concepção mais elaborada de mundo?

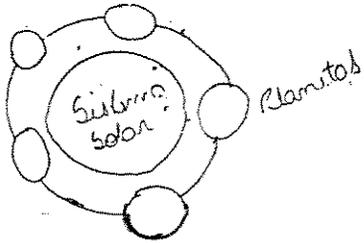
## ANEXO 1

## RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO INICIAL SOBRE O TEMA "A FORMAÇÃO DO UNIVERSO"

Alunos	Como surgiu o Universo?	O Universo se transforma?
Alessandra	Com a explosão do buraco negro	Sim
Alex	Surgiu em uma explosão de uma nuvem brilhante	Sim, como as galáxias
Alexandre	-	-
André Luis	-	Sim
André Roberto	Com as explosões dos outros astros	Sim
Daniel	Na minha opinião, um meteorito gigantesco foi em direção ao Sol, quando ele encostou no Sol, houve uma explosão e milhares de pedacinhos do meteorito foram se espalhando pelo Universo formando planetas, estrelas, etc...	Eu acho que sim, porque já a formação dele passou por várias transformações
Edna	Com uma explosão do buraco negro	Eu imagino que sim
Eric	Através das galáxias	Não
Everson	Surgiu dum astro 5 vezes maior que o sol e explodiu e se formou o universo.	Sim, porque as estrelas e os planetas mudam de forma
Juliano	Surgiu com a explosão de uma ... (apagado: nuvem bril)	Não
Karen	O Universo surgiu numa bola de fogo	Sim
Luis	Com explosões dos buracos negros que são um túnel de matérias e a matéria gira e se torna arredondada	Sim, por exemplo, as estrelas, os planetas, eles mudam de forma
Moacir	Através de planetas e estrelas	Sim, porque se ele não se transformasse não existia o mundo
Roseléia	O universo surgiu de uma explosão no espaço entre as galáxias	Sim, por meio de planetas
Surian	Não sei	Não
Tábata	Através de uma explosão de um grande meteoro ou planeta que espalhou seus pedacinhos	Sim, porque se explodirem uma bomba nosso planeta, ele ficará em pedacinhos e aí formará mais planetas, viram meteoros, etc
Tatiana	Surgiu com a formação das galáxias	Não
Telma	Através de uma grande explosão no espaço, o universo surgiu	Não
Viviane	-	Se transforma, quando há explosões

Alunos	O que são galáxias? Como se formam?	Como se formou o sistema solar?
Alessandra	São uma união de planetas	Em 9 planetas
Alex	É um conjunto de planetas e sóis. Se formam através de explosões	Se formou pelas bolas de fogo que se resfriaram
Alexandre	-	-
André Luiz	-	-
André Roberto	São pedaços de meteoros que vagam pelo universo	Os raios do sol que atreção a camada de ozônio
Daniel	Para mim galáxias são tipo de vilas, só que vilas muito distantes umas das outras. Elas se formaram pelos planetas como se fossem casas numa vila	O Sistema Solar se formou de meteoros derretidos e pegando fogo que se esfriaram e viraram planetas e estrelas
Edna	Uma galáxia é muito planetas juntos. Se formaram com os seus planetas	Com uma grande explosão do sol que formou o sistema solar
Eric	-	Através de uma explosão
Everson	É um conjunto de estrelas, planetas e outros astros	Com a explosão do buraco negro
Juliano	-	-
Karen	São estrelas. Se formaram com a irradiação da luz solar	Se formou no espaço com a luz solar
Luis	Galáxias são os conjuntos de planetas, estrelas, luas, sóis e buracos negros	Com explosões dos buracos negros
Moacir	Se transformam em planetas	Os raios do sol atravessam a camada de ozônio e da luz para nós



Roseléia	São estrelas e se formam de raios solares  	
Surian	Não sei	Através dos planetas em que moramos
Tábata	Um conjunto de planetas. Por planetas, estrelas	Por 9 planetas
Tatiana	Não sei	Formou com os 9 planetas
Telma	Não sei	-
Viviane	Galáxias são outros planetas	Se forma através dos raios solares da Terra

## Anexo 2

### TRANSCRIÇÃO DA DISCUSSÃO DE UM GRUPO SOBRE OS QUESTIONÁRIOS INICIAIS DO TEMA "A FORMAÇÃO DO UNIVERSO"

Fernando (F): Este é o grupo A, nós vamos debater algumas questões.

F: Como surgiu o Universo?

Everson: Surgiu de um astro cinco vezes maior que o Sol o qual explodiu formando o Universo.

F: Você concorda com isso Luís Alexandre?

\_Não, eu acho que, a minha resposta é que tinha um buraco negro, que se explodiu em forma de bola.

F: Na minha opinião, o Universo surgiu através de um só caminho: entre dois cometas que se explodiram, espalhando a luz entre (pausa) o Universo, (pausa) parece que formou o Universo.

F: O que você acha da pergunta do Luís Alexandre, Juliano?

\_Eu discordo, eu concordo que o Universo se formou com a explosão de uma bola, de um astro cinco vezes maior que o Sol.

F: Alex, o que você acha da pergunta do nosso companheiro?

\_Eu concordo mais com as respostas do Luís Alexandre e Everson, mas também pode ser assim: da explosão de uma enorme nuvem que se formou grandes esferas em forma de fogo, que se resfriaram e formando os planetas e os sóis.

F: Então, como surgiu o Universo? Vamos discutir aqui, qual será sua opinião.

Juliano: Olha, na minha opinião, minha resposta é que... surgiu... com a explosão de um astro cinco vezes maior que o Sol, e você?

F: Olha, na minha opinião, esta resposta que o Juliano deu pra mim está certa, está correta, agora vou passar para o Luís Alexandre.

\_Escuta, há muitas explicações para isto, só que não se sabe ao certo qual está certa, na minha opinião foi a do buraco negro.

F: O Universo se transforma Alex?

\_Sim, o Universo se transforma.

F: O que você acha Everson, da transformação do Universo?

\_Sim, porque as estrelas e os planetas mudam de forma.

F: Como o Universo se transforma Luís Alexandre? Como?

\_Ele se transforma de várias maneiras, estrelas que jogam sua luz para a Terra, o Sol que aquece a Terra, os vulcões que formam novas formas na Terra e várias chuvas.

F: O Universo vem de vários planetas, então o Universo é grande, nós não sabemos o que há no Universo.

No fundo escuta-se: várias galáxias.

F: Ele é formado de várias galáxias, o Universo é uma coisa muito grande, nós não podemos distinguir tudo que existe lá. Juliano que você acha?

\_Eu concordo com a opinião do Luís Alexandre, que o Universo se transforma de várias maneiras: vulcões que estão em erupção, explosões, chuvas, etc.

F: Tudo bem e você Alex?

F: Na opinião do Luís Alexandre, eu acho que o Universo se transforma sim, porque o Universo transforma planetas, modifica galáxias, muda de forma, é um espaço, eu não sei como explicar. Agora nós vamos passar para a 3ª pergunta.

F: O que são galáxias e como se transformam Everson?

\_É um conjunto de estrelas, planetas e outros astros.

F: Eu concordo completamente com a resposta do Everson.

Alex: Eu concordo com a pergunta do Everson, é um conjunto de estrelas, planetas e outros astros.

F: E você Luís Alexandre?

\_Eu concordo com todas as respostas deles, eu acho que eles se formam com a explosão dos buracos negros. E você Juliano?

\_A galáxia é o conjunto de estrelas, planetas e outros astros.

F: Então todos nós discutimos esta questão, todos aceitaram a resposta e chegamos a uma conclusão: A galáxia é um conjunto de estrelas, planetas e outros astros. E como se formam?

Alex: As galáxias se formam através de grandes explosões ou de explosões de planetas.

Juliano: Eu concordo com você Alex, se formam de grandes explosões.

Luís: Eu concordo com o Alex sobre a explosão.

F: As galáxias se formam através de explosões de estrelas, sóis, choques entre cometas.

F: Como se formou o Sistema Solar, Everson?

\_Com, a explosão do Buraco Negro.

Alex: Eu acho que se formou que nem é na pergunta 3, ele se formou com grandes explosões também.

F: E você Juliano.

\_Concordo com a sua resposta Alex, se formou por grandes explosões. E você Luís Alexandre?

\_Eu concordo também com o Alex. E você Fernando?

\_Na minha opinião eu acho que o Alex deveria estar enganado, não sei? Sobre o Sistema Solar se formou através de planetas e nosso sistema solar é formado por 7 planetas.

No fundo: 9.

F: Por 9 planetas aliás.

F: Este é o fim do nosso debate já passamos todas as respostas possíveis do nosso grupo.

## ANEXO 3

RESPOSTAS DOS TRABALHOS DE GRUPO AO QUESTIONÁRIO INICIAL  
"A FORMAÇÃO DO UNIVERSO"

Grupo de alunos	Como surgiu o Universo?	O Universo se transforma?
Tábata, Surian, Telma e Roseléia	Havia um grande planeta ou meteóro que explodiu e lançou seus pedaços a todos os cantos do espaço	Sim, porque se explodirem um planeta com uma bomba, o planeta lançara seus pedaços e formará meteóros, meteoritos, etc
Everson, Juliano, Luis, Alex, e Fernando	Com a explosão de um astro muito maior que o Sol	Sim, se transforma através de inúmeros planetas
Moacir, Daniel, André Roberto, e André Luiz	Nós achamos que um gigante meteóro estava indo em direção ao sol, quando encostou no sol houve uma grande explosão e milhares de pedacinhos de meteóros derretidos pegando fogo es espalharam pelo universo, formando planetas, estrelas, galáxias, etc	Nós achamos que o universo se transforma, porque se não o mundo não existiria
Edna, Karen e Eric e Alessan-dra	Com a explosão do Buraco Negro e também com a explosão de uma bola de fogo	Sim, porque se o universo não se transformasse os planetas não existiriam, também porque quando morre o sol nasce outro com outra explosão
Viviane, Rafael e Tatiana	O universo se formou por Deus	Sim, ele se transforma quando há explosões
Grupo de alunos	O que são galáxias? Como se formam?	Como se formou o Sistema Solar?
Tábata, Surian, Telma e Roseléia	Um conjunto de planetas. Por planetas, estrelas e outros astros	Por 9 planetas: Saturno, Urano, Vênus, Plutão, Mercúrio, Júpiter, Terra, Marte e Netuno
Everson, Juliano, Luis, Fernando e Alex	É o conjunto de planetas e estrelas. Através de explosões	Se formou de uma explosão que formou os planetas e o sol
Moacir, Daniel, André Roberto e André Luiz	São os espaços onde os planetas ocupão. Elas se formam pelos planetas ocupados nelas mesmas	Ele se formou de meteóros derretidos que se esfriaram formando planetas, estrelas, etc
Edna, Karen, Eric e Alessandra	Uma união de planetas com estrelas.	Com o universo
Viviane, Rafael e Tatiana	São outros planetas desconhecidos que se formaram através da atmosfera	O sistema solar se formou através dos raios solares da Terra

## ABSTRACT

The importance of Earth Science teaching in the primary level of school education is discussed in this thesis, emphasizing that the abstraction and the complexity of its content may develop some pupils' cognitive capabilities.

A very abstract topic - Formation of the Universe - was taught to 18 pupils (age 10-12) as a case study, in which the teacher also acted as a researcher.

Two research questions were investigated: is it possible for those pupils to learn some ideas concerning the formation of the universe in spite of its complexity? in what extension is that possible learning dependent on the teacher's mediation towards the construction of the pupils' scientific knowledge?

Based on some theoretical and methodological principles of constructivist approaches, some categories of interactions were established for the teacher and pupils, and between pupil and pupil, in order to analyze the influence of the teaching in the construction of the pupils' ideas.

Data were collected through pupils' responses to questionnaires, pupils' drawings, transcriptions of audio-taped recordings of lessons and pupils' interviews.

The results obtained reveal that an evolution of the pupils' ideas about Formation of the Universe was detected, which was strongly dependent on the teacher's mediation. Also, the results allowed the establishment of a specific way to consider the origin and the evolution of the Universe, with concepts like time and space representation, causality thinking and the historical argumentation and narrative.

## Referências bibliográficas

- ALVAREZ, R.; BERJILLOS, P.; GARCÍA DE LA TORRE, E.; MELERO, J.; PEDRINACI, E.; SEQUEIROS, L. Treinta razones para aprender mas geología en la educación secundaria. In: SIMP. ENS. GEOL., 7, Compostela, 1992. **Comunicaciones... I.C.E.**, Compostela, p.231-240, 1992.
- AMARAL, I. A. do **Em busca da planetização do ensino de ciências para a educação ambiental**. Campinas: UNICAMP/Faculdade de Educação, 1995, 2 v.
- ANDERSON, R.C. The notion of schemata and the educational enterprise: general discussion of the conference. In: ANDERSON, R.C.; SPIRO, R.J. & MONTAGUE, W.E. (Comp.) **Schooling and the acquisition of knowledge**. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1977.
- ARCÁ, M. Experimenti e interpretazioni nelle scienze a scuola. In: CONGR. INT. INVEST. DIDACTICA CIEN. MAT., 4, Barcelona, 1993. **Comunicações...Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, número extra, p.23-24, 1993.
- ARNHEIM, R. **Arte e percepção visual -uma psicologia da visão criadora**. São Paulo: 2ª ed, Pioneira e EDUSP, 1980, 503 p.
- \_\_\_\_\_. **Intuizione e intelletto**. Milano: Feltrinelli Ed, 1987, 374p.
- ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. A **didática das Ciências**. Campinas: Papyrus Ed, 1990, 132p.
- AULT, C.R. The everyday perspective and exceedingly unobvious meaning. **J. Geological Education**, v.32, p.89-91, 1984.
- \_\_\_\_\_. 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, 1994.
- BACHELARD, G. Conocimiento común y conocimiento científico. In: BACHELARD, G. **El racionalismo aplicado**. Buenos Aires: Ed. Paidos, 1978, p.99-113.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1981, 196p.
- BARLEX, D. & CARRÉ, C. **Visual communication in science**. Cambridge Univ. Press, 1985, 122p. (Cambridge Science Education Series)
- BAXTER, J. Children's understanding of familiar astronomical events. **Int. J. Sci. Educ.**, London, Taylor & Francis, v.11, special issue, p.502-513, 1989.
- BEZZI, A. Geology and Society: a survey on pupil' ideas as an instance of a broader prospect for educational research in Earth Science. In: INTERN. GEOL. CONGRES., 28, Washington-DC, 1989. (Não publicado)
- \_\_\_\_\_. Is Geology teaching also Geology learning? An interative education approach to solve the dilemma. In: INT. CONF. ON GEOSCIENCE EDUCATION AND TRAINING, I, Southampton, 1993. **Proceedings...Southampton: AGID-IUGS**, 1995a. (in press)
- \_\_\_\_\_. Personal construct psychology and the teaching of petrology at undergraduate level. In: INT. CONG. ON PERSONAL CONSTRUCT PSYCHOLOGY, XI, Barcelona, 1995b. (paper presented, 46p.)
- BROOKS, M. Why should Geology be taught in our schools. **Teaching Earth Sciences**, v.16, p.53-54, 1991.
- BRUNER, J.S. **Actual minds, possible worlds**. London: Havard University Press, 1986.
- BRUNER, J. & HASTE, H. (Compiladores) **La elaboración del sentido -la construcción del mundo por el niño**. Barcelona: Ed. Paidós, 1990, 189p.

- CAGNIN, A.L. **Os quadrinhos**. São Paulo: Ed. Ática, 1975, 239p.
- CARPENTER, J.R. Importance of Earth Science in the Precollege Curriculum. **J. Geological Education**, v.38, p.445-451, 1990.
- CARRASCOSA, J. Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.1, n.1, p.63-65, 1983.
- CAVALLINI, G. Gli schemi nell'apprendimento delle scienze. **Scuola & Città**, Firenze, n.3, anno XLIV, p.125-135, 1993.
- CAZDEN, C.B. Classroom discourse. In: WITTROCK, M.C. (Ed.) **Handbook of research on teaching**. New York: Macmillan, 1986, p 4-91.
- CAZDEN, C.B. **El discurso en el aula -el lenguaje de la enseñanza y del aprendizaje**. Barcelona: Paidós & MEC, 1991, 235p. (Temas de Educación)
- CHAMBERLIN, T.C. The method of multiple working hypotheses. **The Journal of Geology**, Chicago, n.1, p.155-165, 1931. Publicado pela 1ª vez: **The Journal of Geology**, Chicago, n.5, p.837-848, 1897. (Tradução: Conrado Paschoale)
- COHEN, M.R. & KAGAN, M.H. Where does the old moon go? **Science Teacher**, v.48, n.8, p.22-23, 1979.
- COLL, C.S. Acción, interacción y construcción del conocimiento en situaciones educativas. **Anuario de Psicología**, n.33, p.60-70, 1985.
- \_\_\_\_\_. Constructivismo e intervención educativa: ¿como enseñar lo que se ha de construir? In: CONG. INTERN. PSICOL. EDUCAC., Madrid, 1991a. (mimeografado)
- \_\_\_\_\_. **Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento**. Barcelona: Ed. Paidós, 1991b, 206p.
- COLLINS, H. & SHAPIN, S. Experiment, Science Teaching, and the New History and Sociology of Science. In: SHORTLAND, M. & WARWICK A. (Ed.) **Teaching the History of Science**. Blackweel: BSHS, 1989, p.67-79.
- COMPIANI, M. Geologia pra que te quero no ensino de ciências, **Educação & Sociedade**, Campinas, n.36, p.100-117, 1990.
- \_\_\_\_\_. O papel do método das múltiplas hipóteses de trabalho no ensino de Ciências. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, nº extra, p.49-50, 1993. (Comunicaciones del IV Cong. Int. S/ Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Barcelona, 1994).
- \_\_\_\_\_. O papel das hipóteses no ensino de ciências: um exemplo em Geociências. In: CONG. BRAS. GEOL., 38, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos**, Balneário Camboriú-SC: SBG, 1994, v.2:238-239.
- \_\_\_\_\_. Fieldwork teaching in the training of pre-college science teachers. In: INT. CONF. ON GEOSCIENCE EDUCATION AND TRAINING, Southampton, 1993. **Proceedings...**Southampton: AGID-IUGS, 1995. (in press)
- COMPIANI, M. & PASCHOALE, C. 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, 1990, p.21-33.
- COMPIANI, M. & CUNHA, C.A.L.S. O ensino de geociências nos 3 graus de escolaridade - um panorama do Brasil. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 8, Salamanca, 1992. **Simposios tomo 1...**Salamanca, 1992, p.342-352.
- CONSIGLIO NAZIONALE DI RICERCA- ITALIA. **Il ruolo delle scienze della Terra nei curricula del biennio della scuola secondaria superiore**. Modena: Mucchi SpA, 1988, 169 p.

- DE PRO, A. & JAÉN, M. 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, 1990, p.373-388.
- DOMÉNECH, A. & CASASUS, E. Galactic structure: a constructivist approach to teaching astronomy. **School Science Review**, v.72, n.260, p.87-93, 1991.
- DRIVER, R. & BELL, B. Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. **School Science Review**, v.67, n.240, p.443-456, 1986.
- DRIVER, R. & OLDHAM, V. Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias. In: PORLAN, R., GARCIA, J.E. e CANAL, P. **Constructivismo y enseñanza de las ciencias**. Sevilla: Diada Ed, 1988, p.115-136.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. & TIBERGHIE, A. **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**. Madrid: Ed. Morata, 1989, 310 p.
- EASLEY, A. & DRIVER, R. Pupils and paradigms a review of the literature related to concept development in adolescent science education. **Studies in Science Education**, University of Leeds, v.5, p.61-84, 1978.
- EDWARDS, D. But what do children really think? Discourse analysis and conceptual content in children's Talk. In: SYMP. ON SOCIAL INTERACTION AND KNOWLEDGE ACQUISITION, Roma, 1990. (não publicado)
- EDWARDS, D. & MERCER, N. **Common knowledge: the development of understanding in the classroom**. London: 2ªed, Routledge, 1989, 187p.
- FRACALANZA, H.; AMARAL, I.A. do & GOUVEIA, M.S.F. **O ensino de Ciências no primeiro grau**. São Paulo: Ed. Atual, 1987, 124p. (Projeto Magistério)
- FRANCASTEL, P. **Imagem, visão e imaginação**. São Paulo: Martins Fontes Ed, 1987, 227p.
- GALLEGOS, J.A. La percepción del tiempo geológico. In: SIMP. ENS. GEOLOGÍA, 7, Compostela, 1992. **Comunicaciones...I.C.E.**, Compostela, p.185-202, 1992.
- GARCÍA-GALÁN, A.C. Reflexiones sobre la enseñanza de la astronomía en la enseñanza secundaria obligatoria. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, Madrid, v.2, n. 2 e 3, p.404-409, 1994.
- GARDNER, H. **Formae mentis -saggio sulla pluralità dell'intelligenza**. Milano: 5ª ed, Feltrinelli Ed, 1993, 457p.
- GARRIDO, E. Ensino construtivista de ciências: um modelo de análise da interação verbal professor-aluno. In: REUNIÃO ANUAL da ANPED, 16, Caxambú, 1993. 24p. (mimeografado)
- GIL PEREZ, D. & CARRASCOSA, J. Science learning as conceptual and methodological change. **European Journal of Science Education**, London, v.7, n.3, p.231-236, 1985.
- GILBERT, J.K. Alternative conceptions. Paper presented at the AAPT Winter Meeting, N. York, 1983.
- GIORDAN, A. & VECCHI, G. **Los orígenes del saber-de las concepciones personales a los conceptos científicos**. Sevilla: Diada Ed., 1988, 239p.
- GIRARDET, H. Spiegare i fenomeni storici. In: PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M. & ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutendo si impara**. Roma: Nuova Italia, 1992, cap.11, p.201-218.
- GÓES, M.C.R. A natureza social do desenvolvimento psicológico. **Cadernos Cedes**, Campinas, n.24, p.17-24, 1991.
- \_\_\_\_\_. Os modos de participação do outro no funcionamento do sujeito. **Educação & Sociedade**, Campinas, n.42, p.336-341, 1992

- GOUVEIA, M.S.F. **Cursos de Ciências para professores do 1º grau: Elementos para uma política de formação continuada**. Campinas: UNICAMP/Faculdade de Educação, 1992, 274p.
- GRANDA VERA, A. Esquemas conceptuales previos de los alumnos en geología. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.6, n.3, p.239-243, 1988.
- HAPPS, J.C. Some aspects of student understanding of soil. **Australian Science Teachers Journal**, v.28, p.25-31, 1982a.
- \_\_\_\_\_. Classifying rocks and minerals: a conceptual tug-of-war. **New Zealand Science Teacher**, v.34, p.20-25, 1982b.
- \_\_\_\_\_. Some aspects of student understanding of two New Zealand landforms. **Science Teacher**, v.2, n.32, p.4-12, 1982c.
- \_\_\_\_\_. Regression in learning outcomes: some examples from the Earth Sciences. **Geology Teaching**, v.10, p.87-94, 1985.
- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**, University of Leeds, v.12, p.25-57, 1985.
- JAÉN, M. & DE PRO, A. 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, 1988.
- JONES, L.B. & LYNCH, P.P. Children's conceptions of the Earth, sun and moon. **Int. J. Sci Educ.**, London, Taylor & Francis, v.9, n.1, p.43-53, 1987.
- KLEIN, C.A. 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, 1982.
- KUHN, T.S. **A Estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: 2ªed, Ed. Perspectiva, 1978, 257p. (Debates)
- LEVESON, D.J. The Geologist's Vision. **J. Geological Education**, v.36, p.306-309, 1988. (Tradução Vivian Branco Newerla)
- LILLO, J. Análisis de las representaciones de alumnos de EGB sobre la estructura interna de la Tierra. **Boletín das Ciencias**, ano VI, n. 13, p. 76-84, 1992a.
- \_\_\_\_\_. Representaciones de los alumnos de EGB sobre los conceptos mineral y roca. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 8, Salamanca, 1992. **Simposios tomo 1...**Salamanca, 1992b, p. 412-421.
- \_\_\_\_\_. Ideas de los alumnos de 3º de magisterio sobre los conceptos mineral y roca. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 8, Salamanca, 1992. **Simposios tomo 1...**Salamanca, 1992c, p. 422-430.
- \_\_\_\_\_. Sugerencias sobre la enseñanza de los conceptos mineral y roca en la enseñanza primaria y secundaria -implicaciones en la formación del profesorado. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 8, Salamanca, 1992. **Simposios tomo 1...**Salamanca, 1992d, p. 431-438.
- \_\_\_\_\_. Errores conceptuales de los alumnos de EGB sobre la formación de las montañas. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, Madrid, v.1, n. 2, p. 98-106, 1993a.
- \_\_\_\_\_. Representaciones de los alumnos de EGB sobre algunos procesos geológicos externos. **Boletín das Ciencias**, ano VI, n.16, p. 179-193, 1993b.
- \_\_\_\_\_. 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, 1994.
- LLORENS, J.A.; DE JAIME, M.C. & LLOPIS, R. La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.7, n.2, p.111-119, 1989.

- LORENZONI, F. Apprendre a regarder le ciel en dessinant -une expérience d'Astronomie à l'Ecole élémentaire. In: Jour. Inter. Educ. Scien., 10, Chamonix, 1988. Actes...Chamonix, 1988, p.259-265.
- LOVRETO, J.A. A linguagem do futuro. In: ALVES, M.L. & DURAN, M.C.G. (Coord.) **Linguagem e linguagens**. São Paulo: FDE, 1993, p.65-76. (Série idéias, n.17)
- LUDKE, M. & ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986, 99p.
- MACHADO, A. **Ilusão especular (ensaio sobre fotografia)**. São Paulo: PUC/SP, Dissertação de Mestrado, 1983, 154p.
- MACHADO, C.M.C.; VEIGA FILHO, A.A.; GATTI, E.U. & SANTAELLA BRAGA, M.L. **Crerios 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, 1984, 69p. (Série Relatórios de Pesquisa 4/84)
- MALI, G.B. & HOWE, A. Development of Earth and gravity concepts among Nepali children. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.63, n.5, p.685-691, 1979.
- MARQUES, L.M.F. **Alternative frameworks of urban portuguese pupils aged 10/11 and 14/15 with respect to earth, life and volcanoes**. Keele: University of Keele, Master, 1988. 385p.
- MASSA, B. 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, 1994. (Comunicaciones, 8 SIM. ENS. GEOLOGÍA, Córdoba, 1994).
- MATTHEWS, M.R. Historia, filosofia y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.12, n.2, p.255-277, 1994.
- MAYER, V.J. Earth-Systems Science, a planetary perspective. **The Science Teacher**, v.58, n.1, p.34-39, 1991.
- \_\_\_\_\_. The future of geoscience in the pre-college curriculum. In: INT. CONF. ON GEOSCIENCE EDUCATION AND TRAINING, Southampton, 1993. **Proceedings...** Southampton: AGID-IUGS, 1995. (in press)
- MAYER, V.J. & ARMSTRONG, R.E. What every 17-year old should know about planet Earth: the report of Conference of Educators and Geoscientists. **Science Education**, v.74, n.2, p.155-165, 1990.
- MAYER, V.J.; ARMSTRONG, R.E.; BARROW, L.H.; BROWN, S.M.; CROWDER, J.N.; FORTNER, R.W.; GRAHAM M.; HOYT, W.H.; HUMPHRIS, S.E.; JAX, D.W.; SHAY, E.L. & SHROPSHIRE K.L. The role of planet Earth in the new science curriculum. **J. Geological Education**, v.40, p.66-73, 1992.
- NEWMAN, D.; GRIFFIN, P. & COLE, M. **The Construction Zone: working for cognitive change in school**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- NOVAK, J.D. 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, 1988, p.23-40.
- NUSSBAUM, J. 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, 1979.
- NUSSBAUM, J. & NOVAK, J.D. An assessment of children's concepts of Earth utilizing structured interviews. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.60, n.4, p.535-550, 1976.
- NUSSBAUM, J. & SHARONI-DAGAN. 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, 1983.

- OSBORNE, J. Approaches to the teaching of AT16- the Earth in space: issues, problems and resources. **School Science Review**, v.72, n.260, p.7-15, 1991.
- OSBORNE, R.J. & WITTROCK, M.C. Learning science: a generative process. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.67, n.4, p.479-508, 1983.
- ORSOLINI, M. La costruzione del discorso nelle discussioni in classe: un'analisi sequenziale. In: PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M. & ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutendo si impara**. Roma: Nuova Italia, 1992, cap. 6, p.111-130.
- PASCHOALE, C. 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, 1984a.
- \_\_\_\_\_. Geologia - qual geologia? In: COMPIANI, M. et al. (Org.) **I Jornada sobre o ensino do conteúdo geológico nos 1º e 2º graus**. São Paulo: Sociedade Bras. de Geologia, 1984b, p. 32-33.
- \_\_\_\_\_. Reconhecimento de transformações naturais. **Apostila**, FEL-UNICAMP, 1988a, 6p.
- \_\_\_\_\_. Montando um discurso da Terra. **Apostila**, FEL/UNICAMP, 1988b, 10p.
- \_\_\_\_\_. **Geologia como Semiótica da Natureza**. São Paulo: PUC/SP, Dissertação de Mestrado, 1989, 138p.
- \_\_\_\_\_. 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, 1990, p.241-258.
- PEDEMONTE, G.M. La didattica delle scienze della Terra: alcuni problemi nodali per l'insegnamento e l'apprendimento. **Annali della Pubblica Istruzione**, anno 38, n.5-6, p.579-592, 1992.
- PEDEMONTE, G.M. & BEZZI, A. Geology and Society in education: a multi-faceted problem calling for broader research prospects. In: INTERN. GEOL. CONGRES., 28, Washington-DC, 1989. (mimeografado)
- PEDRINACI, E. Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos. **Investigación en la Escuela**, 2, p. 65-74, 1987.
- \_\_\_\_\_. La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n.3, p. 315-323, 1993.
- PEDRINACI, E. & ALVAREZ, R. 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, 1992.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. **Students' Alternative Frameworks and Science Education: Bibliography**. Kiel: 3<sup>rd</sup>ed, Institute for Science Education, 1991.
- PIAGET, J. **Biologia e o conhecimento**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1973, 423p. (Col. Psicologia da Inteligência)
- \_\_\_\_\_. Psicogênese dos conhecimentos e seu significado epistemológico. In: PIATTELLI-PALMARINI, M. (Ed.) **Teorias da linguagem teorias da aprendizagem -O debate entre Jean Piaget e Noam Chomsky**. São Paulo: Ed. Cultrix e EDUSP, 1983, p.39-49.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. Introducción; Ciencia, psicogénesis e ideología; Conclusiones generales. In: PIAGET, J. & GARCIA, R. **Psicogénesis e Historia de la Ciencia**. México: 2ªed, Siglo Veintiuno Ed, 1984, p.9-34, Cap.9, p.227-245, Cap.10, p.246-252.
- PINO, A. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. **Cadernos Cedes**, Campinas, n.24, p.32-43, 1991.

- \_\_\_\_\_. As categorias de público e privado na análise do processo de internalização. **Educação & Sociedade**, Campinas, n.42, p.315-327, 1992
- PONTECORVO, C. Interazione sociale e conoscenza. Le discipline come pratiche di discorso. **Scuola e Città**, 2, Anno XLIV, p.56-71, 1993.
- \_\_\_\_\_. Discutere, argomentare e pensare a scuola. L'adulto come regolatore dell'apprendimento. In: PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M. & ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutendo si impara**. Roma: Nuova Italia, 1992, cap. 4, p.73-96.
- PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M. & ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutendo si impara**. Roma: Nuova Italia, 1992, 266p.
- POPE, M. & GILBERT J. La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias. In: PORLAN, R.; GARCIA, J.E. e CANAL, P. **Constructivismo y enseñanza de las ciencias**. Sevilla: Diada Ed, 1988, p.75-90.
- POZO, J.I. & CARRETERO, M. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? **Infancia y aprendizaje**, n.38, p.35-52, 1987.
- POZO, J.; SANZ, A.; GÓMEZ CRESPO, M.A. y LIMÓN, M. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.9, n.1, p.83-94, 1991.
- PRAIA, J. & MARQUES, L. As "idéias intuitivas" em classes de geociências: alguns elementos sobre a investigação actual. **Revista O Professor**, p.8-15, 1990.
- ROGERS, R.D. Time-space patterns: the natural laws of geology. **History of Geology**, v.2, n.1, p.38-40, 1983.
- \_\_\_\_\_. Use of observational patterns in geology. **Geology**, v.17, p.131-134, 1989.
- RODRÍGUEZ, M.; VILLA, S. & ANGUITA, F. **Ciencias Naturales 1º BUP**. Madrid: Ed. SM, 1990, 381p.
- ROSS, K.E.K. & SHUELL, T. Children's beliefs about earthquakes. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v. 77, n. 2, p. 191-205, 1993.
- RUDWICK, M.J.S. The emergence of a visual language for geological science 1760-1840. **History of Science**, p 149-195, 1978.
- SANTAELLA BRAGA, M.L. **Produção de linguagem e ideologia**. São Paulo: 2ªed, Cortez Ed, 1980, 160p.
- \_\_\_\_\_. **O que é semiótica**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1984, 114p.
- SCHOON, K. J. Student's alternative conceptions of Earth and space. **J. Geological Education**, v.40, p.209-214, 1992.
- SCOTT, J. (ed.) **Language and science links: classroom implications**. Australian Reading Association, 1992, 91p.
- SEQUEIROS, L. La formación del profesorado de Geología: nuevos saberes e nuevas tareas. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, Madrid, v.2, n. 2 e 3, p. 318-325, 1994.
- SMOLKA, A.L.B. A prática discursiva na sala de aula: uma perspectiva teórica e um esboço de análise. **Cadernos CEDES**, Campinas, n.24, p.51-65, 1991.
- \_\_\_\_\_. Internalização: seu significado na dinâmica dialógica. **Educação & Sociedade**, Campinas, n.42, p.328-335, 1992.
- SNEIDER, C. & PULOS, S. Children's cosmographies: understanding the Earth's shape and gravity. **Science Education**, John Wiley & Sons, Inc, v.67, n.2, p.205-221, 1983.
- SOLBES, J. & VILCHES, A. Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. **Enseñanzas de las Ciencias**, Barcelona, v.7, n.1, p.14-20, 1989.

- SOLIS VILLA, R. Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.2, p.83-89, 1984.
- SROUR, R.H., Sobre a pratica cognitiva. In: SROUR, R.H. **Modo de produção: elementos da problemática**. Rio de Janeiro: Ed. Graal, 1978, Cap.1, p.31-62.
- STENHOUSE, L. **La investigación como base de la enseñanza**. Madrid: Ed. Morata, 1987, 183p.
- THOMPSON, D.B. Our assumptions and their alternative frameworks. **Geology Teaching**, v.11, n.3, p.106-108, 1986.
- TOULMIN, S. **La comprensión humana, I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos**. Madrid: Alianza Ed., 1977, 521p.
- VESENTINI, J.W. & VLACK, V. **Geografia crítica -o espaço natural e a ação humana**. São Paulo: Ed. Ática, 1991, v.1, 160p. (Livro do professor)
- VICKERS, G. Rationality and intuition. In: WECHSLER, J. (Ed.) **On aesthetics in Science**. 2ª ed. The Massachusetts Institute of Technology, 1979, p. 143-164.
- VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. Lisboa: Ed. Antídoto, 1979, 213p.
- \_\_\_\_\_. **A formação social da mente**. São Paulo: 2ªed, Martins Fontes Ed, 1988, 168p.
- \_\_\_\_\_. **Immaginazione e creatività nell'età infantile**. Roma: Ed. Riuniti, 1990, 142p.
- WERSTCH, J.V. **Vigostky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.
- WERSTCH, J.V. & MINICK, N. 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"**, 1988.
- WERSTCH, J.V.; MINICK, N. & ARNS, F. The creation of context in Joint problem solving. In: ROGOFF, B. & LAVE, J. (Eds.) **Everyday cognition: its development in social context**. Cambridge (Mass.): Havard University Press, 1984, p. 151-171.
- YUS RAMOS, R. "Balsas de agua y ríos subterráneos" -representaciones de los alumnos sobre la circulación freatica -su tratamiento en la educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, Madrid, nº extra, p.76-79, 1994. (Comunicaciones del 8 SIM. ENS. GEOLOGÍA, Córdoba, 1994).
- YUS RAMOS, R. & REBOLLO, M. Elementos de un modelo didáctico de enfoque constructivista para la enseñanza de la geología en el ciclo 12/16 años. In: SIMP. ENS. GEOLOGÍA, 5, Madrid, 1988. **Henares -Revista de Geología**, 2, p.153-160, 1988.
- \_\_\_\_\_. Concepciones de los alumnos de 12/17 años sobre el suelo y procesos edafogéticos: implicaciones para su enseñanza en la etapa Secundaria Obligatoria. In: SIMP. ENS. GEOL., 7, Compostela, 1992. **Comunicaciones...I.C.E.**, Compostela, p.203-220, 1992.
- \_\_\_\_\_. Aproximación a los problemas de aprendizaje de la estructura y formación del suelo en el alumnado de 12 a 17 años. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.11, n. 3, p. 265-280, 1993.