

Número: 25/2009



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

RENATO DONATO HAGY

**Porosidade e Permeabilidade em Amostras de Rochas:
Estudo com alunos do ensino fundamental sobre reservatório
subterrâneo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências
como requisito para obtenção do título de Mestre em
Ensino e História de Ciências da Terra

Orientador: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2009

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

H123p Hagy, Renato Donato.
Porosidade e permeabilidade em amostras de rochas : estudo com
alunos do ensino fundamental sobre reservatório subterrâneo / Renato
Donato Hagy-- Campinas,SP.: [s.n.], 2009.

Orientador: Pedro Wagner Gonçalves.

**Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Geociências.**

1. Geociências – Estudo e ensino. 2. Ciclo hidrológico. 3. Água
subterrânea 4. Rochas – Análise. I. Gonçalves, Pedro Wagner. II.
Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.

Título em inglês Porosity and permeability in rocks samples : a study with elementary school
students about underground water reservoir.

Keywords: - Geosciences – Study and teaching;

- Water cycle;

- Underground water

- Rocks - analysis.

Área de concentração:

Titulação: Mestre em Ensino História de Ciências da Terra.

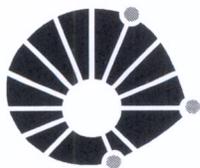
Banca examinadora: - Pedro Wagner Gonçalves;

- Luiz Marcelo de Carvalho;

- Oscar Braz Mendonza Negrão.

Data da defesa: 20/08/2009

Programa de Pós-graduação em Ensino História e Ciências da Terra



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

AUTOR: Renato Donato Hagy

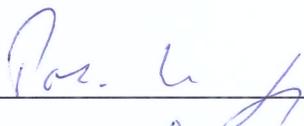
“Porosidade e permeabilidade em amostras de rochas: estudo com alunos do ensino fundamental sobre reservatório subterrâneo”.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Pedro Wagnr Gonçalves

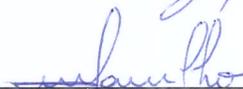
Aprovada em: 20 / 08 / 2009

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves

 _____ - Presidente

Prof. Dr. Luiz Marcelo Carvalho

 _____

Prof. Dr. Oscar Braz Mendonza Negrão

 _____

Campinas, 20 de agosto de 2009

Dedico esse trabalho às crianças.

É por elas que acredito em um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

Se fosse enumerar todas as pessoas que mereceriam estar nos meus agradecimentos provavelmente faltaria espaço. Ou talvez eu pudesse cometer indelicadeza ao esquecer alguma pessoa. Por isso, prefiro deixar uma mensagem genérica agradecendo a todos que me acompanharam durante minha trajetória.

Abrirei apenas duas exceções. A primeira é meu sincero agradecimento à Secretaria de Estado da Educação do Estado de São Paulo (SEE-SP), que por meio da Bolsa Mestrado me proporcionou decisivo apoio financeiro. A segunda exceção se refere ao meu orientador: Prof. Dr. Pedro Wagner Gonçalves. Esse último faz jus a inúmeros adjetivos, além de ser a pessoa em que me espelho para ser cada vez melhor tanto pessoalmente quanto profissionalmente.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.1 - OBJETIVOS E CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2 - O CICLO DA ÁGUA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 – ÁGUA, ENERGIA E MOVIMENTO.	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1.1 - <i>Os caminhos da água na natureza</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.1.2 – <i>O Reservatório de Água Subterrânea</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.1.2.1 - <i>A Infiltração da água no solo</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.1.2.2. - <i>Porosidade e Permeabilidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.1.2.3. - <i>Movimentação da Água Subterrânea</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.1.2.4. - <i>Alterações Antrópicas</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2.2 - O CICLO DA ÁGUA PARA UM ESTUDO CRÍTICO DO LOCAL - O CASO DE RIBEIRÃO PRETO – SP	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3 – CONSIDERAÇÕES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3 - O ENSINO DE CIÊNCIAS E DO CICLO DA ÁGUA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 – O ENSINO DE CIÊNCIAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1.1 – <i>As Ideias Prévias</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.2 - O ENSINO DO CICLO DA ÁGUA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.2.1 - <i>Dificuldades no entendimento do Ciclo da Água</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
4 - PROCEDIMENTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1. - ATIVIDADES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1.1. – <i>Aulas</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
4.2. - AMOSTRA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.3. – COLETA DE DADOS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.4. – ANÁLISE DOS DADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5 – RESULTADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1 - EXPERIMENTO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1.1 – <i>Introdução e apresentação de materiais</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.1.2 – <i>Manipulação das amostras – características gerais</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.1.3 – <i>Manipulação de amostras – Características de porosidade e permeabilidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2 – DEBATES – PRIMEIRA PARTE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.2.1 – <i>Retomando o assunto</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2.2 – <i>Início da discussão das amostras</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2.3 – <i>Densidade das amostras</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.2.4 – <i>Porosidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3 – DEBATES – SEGUNDA PARTE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.3.1 – <i>Retomando a densidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.2 – <i>Retomando a porosidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.3 – <i>Permeabilidade</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.4 – <i>Comparando amostras permeáveis e impermeáveis</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.5 – <i>Analogia com Esponja</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
5.3.5 - <i>Algumas considerações sobre o encerramento da aula</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6 – DISCUSSÃO DOS DADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.1 – CARACTERÍSTICAS DAS ROCHAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

6.1.1 – A origem e a distribuição espacial das rochas.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.1.2 – Constituição das Rochas	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.2 – POROSIDADE.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6.2.1 – Presença de poros	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.2.2 – Densidade das amostras	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.2.3 – Analogia com uma esponja.....	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6.3 – CONCEPÇÃO DE PERMEABILIDADE	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

7 – CONCLUSÕES..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

Porosidade e Permeabilidade em Amostras de Rochas: estudo com alunos do Ensino Fundamental sobre reservatório subterrâneo.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Renato Donato Hagy

O ciclo da água é de fundamental importância. Apesar disso, o tratamento desse tema em livros didáticos de ensino básico pouco contribui para a formação de uma idéia científica. Para enfrentar o tratamento fragmentado presente em livros didáticos de Geografia e Ciências, planejamos atividades diferenciadas para investigar como alunos de 11-12 anos de idade interpretam fenômenos relacionados à água subterrânea. Isso conduziu ao exame de uma aula realizada em escola pública do município de Ribeirão Preto-SP, cidade que depende da água subterrânea para o abastecimento público. A aula apoiou-se em manipulação de amostras de rochas e buscou-se identificar as ideias prévias e discutir as dificuldades cognitivas no processo de aprendizagem das noções de porosidade e a permeabilidade. Percebeu-se que a natureza oculta do reservatório subterrâneo do ciclo da água favorece a manifestação de ideias não científicas para explicar os intercâmbios da água desse reservatório em relação aos demais. Apesar de perceberem a infiltração em rochas porosas, os alunos criam interpretações próprias ao relatarem como a água fica armazenada no interior da rocha. A noção mais comum apresentada pelos alunos corresponde em relacionar a rocha a uma esponja. Esse modo de pensar mostrou correlação com pesquisas que serviram de base para este estudo, e mostram a necessidade de uma melhor formação (tanto inicial quanto continuada) de professores. Embora entender o ciclo da água e o comportamento da água subterrânea tenha importância social, econômica e cultural para nossa sociedade, pouca atenção é dada ao assunto no Ensino Básico.

Palavras Chave:

- 1. Geociências – Estudo e Ensino**
- 2. Ciclo Hidrológico**
- 3. Água Subterrânea**
- 4. Rochas Análise**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA**

Porosity and Permeability in Rocks Samples: a study with elementary school students about underground water reservoir.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado

Renato Donato Hagy

The water cycle is very important. However, the way textbooks for primary and secondary school have been presenting this theme, doesn't contribute to make rise a scientific idea. To face that problem, in order to work the fragmented vision exposed in Geography and Science textbooks, we developed differentiated scholar activities that helped us investigate how 11-12 years old students interpretate phenomena related to underground water. We analyze one class realized in a public school at the city of Ribeirão Preto-SP (this town depends on underground water for public water supply). This class was based on the student's manipulation of rock samples, through wich we tried to map their previous ideas and discuss their cognitive difficulties at learning the concepts of porosity and permeability. We found that the "hidden" property of the underground water benefits the appearance of non-scientific ideas to explain the water trades in this kind of reservoir. Despite the fact that they realize infiltration in porous rocks, the students create their own interpretation when reporting how water gets stored within the rock. Student's most common explanation for that is to relate the rock to a sponge. This way of thinking is related to other researches about the theme and points to the necessity of a better qualification (initial or late education) of teachers. Although the comprehension of water cycle and the paths of underground water is considered important socially, economically and culturally in our society, in primary and secondary schools, short attention have been dismissed to this subject.

Keywords:

1. Geoscience – Study and teaching
2. Water Cycle
3. Underground water
4. Rocks analysis

1- Introdução

Esta pesquisa baseia-se em uma série de atividades e esforços de uma equipe interdisciplinar de professores do ensino básico, da rede pública estadual, articulada pelo tema *ciclo da água*. As atividades foram planejadas pelo *Grupo De Estudos De Formação Continuada de Professores - Ciências do Sistema Terra*, um espaço interdisciplinar e interativo para troca de experiências, reflexões e debates sobre dilemas do ensino e inovações curriculares¹ para o ensino de Geociências.

A criação, em 2003, desse grupo de estudos foi possível graças à aproximação de pesquisadores de universidades com professores da rede estadual e municipal de educação, e a parceria da Oficina Pedagógica da Diretoria de Ensino da Região de Ribeirão Preto.

Assinalo ainda que meu interesse, em aprofundar os estudos sobre a atuação do professor no ensino de geociências, começa no curso de graduação em Geografia – Licenciatura Plena pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP Rio Claro, durante o estágio obrigatório.

Naquele momento, como aluno e, já distante do ensino básico da rede pública, percebi as mudanças que ocorreram dentro e fora da sala de aula. Professores desmotivados e posturas ultrapassadas perante jovens que ansiavam por outros saberes, não necessariamente relacionados à educação formal.

Assim, durante o estágio, agora como aluno universitário e refletindo sobre as práticas pedagógicas que estava acompanhando, entendi o que buscava: *Ser Professor*. Das vivências e observações da prática e, com a intencionalidade de aplicar as teorias pedagógicas, propus algumas atividades para serem desenvolvidas na sala de aula. A partir daí, começaram os desafios

¹ A concepção de inovação curricular é apoiada por Arroyo (2002) que afirma: “Uma das preocupações das experiências inovadoras é que os professores dialoguem, explicitem, sistematizem, registrem seu pensamento pedagógico, as razões e os valores que inspiram suas práticas. Inovar é descobrir coletivamente a diversidade de pensamentos e valores que inspiram à diversidade de práticas.” (p.154).

e as incertezas, gerando uma série de frustrações que ainda me acompanham. Algo chamou minha atenção: eu simplesmente desconhecia o público alvo.

Acreditava que os alunos eram todos iguais, independentemente do local e da época. Ou seja, aquele que mora no centro de uma grande cidade como São Paulo ou aquele que vive na zona rural de um pequeno município do sertão baiano, deveriam aprender o mesmo conteúdo por meio de uma metodologia de ensino comum. Ou ainda, que teriam as mesmas necessidades culturais e intelectuais dos alunos da década anterior.

Esse pensamento só começou a ser mudado, sutilmente, quando ingressei no ano de 2004, como Professor Titular da rede estadual de ensino de São Paulo. No dia a dia, com a sala de aula, percebi que determinados assuntos interessavam mais que outros e que diferentes técnicas exposições utilizadas ajudavam a melhorar o desempenho dos alunos.

Iniciante na carreira docente, minha idealização do professor se encaixava nos moldes daqueles que tive no curso do ensino fundamental. Lembro-me dos alunos sentados, quietos, ouvindo os professores e, ato contínuo, respondendo questionários.

No entanto, acerca destas reflexões e por mais tradicional que tentava ser como professor, percebia que os alunos não estavam aprendendo, e pior, não estavam interessados em assimilar novos conhecimentos. Esse foi o ponto de partida para começar a questionar o tipo de ensino e as estratégias que deveriam ser praticadas em minhas aulas.

O Grupo de Estudos recebeu mais quatro professores participantes para o ano de 2006: eu mesmo, uma professora de Geografia, uma de Ciências e outra de Biologia. O interesse desses professores em participar foi motivado por uma série de encontros realizados no ano de 2005, as chamadas Orientações Técnico-pedagógicas, oferecidas pela Secretaria de Estado da Educação (SEE) a professores da rede. No total, dez encontros foram realizados durante o segundo semestre de 2005, nos quais foi estudada a microbacia hidrográfica do córrego dos Campos: os professores reconheceram o potencial pedagógico do local e passaram a advogar o enfoque sistêmico para tratar o ciclo da água em diferentes componentes curriculares.

A microbacia do córrego dos Campos está situada na porção noroeste da mancha urbana de Ribeirão Preto, SP. Apresenta área de 20 km² e seu curso de água principal possui 7.608 m de extensão.

Zanon (2006) é o único trabalho conhecido que estudou as características do meio físico da microbacia do córrego dos Campos. A pesquisa revela a intensa urbanização, a expansão da mancha urbana (cinco vezes em 20 anos), descreve a geologia local e indica problemas geotécnicos potenciais.

Os quatro professores citados, todos vinculados à mesma Escola, elaboraram coletivamente no primeiro semestre de 2006 uma inovação curricular para ensinar o ciclo da água. Essa abordagem diferenciada das aulas tradicionais propunha atividades para estudar a microbacia onde se situa a unidade escolar (200 m distante da calha do córrego dos Campos, afluente do ribeirão Preto no município do mesmo nome). Essa inovação curricular foi intitulada “O Ciclo da Água Frente à Urbanização: Um Estudo do Córrego dos Campos”. Os objetivos previstos eram:

- Estudar de forma sistêmica o ciclo da água e a forma como esta se relaciona com o local;
- Possibilitar o estudo e reconhecimento da bacia hidrográfica local e de que forma esta se relaciona com o ciclo da água;
- Estudar a geologia da área dessa bacia;
- Analisar as mudanças no ciclo da água causadas pelo processo de urbanização, enfatizando a infiltração da água no solo.

As atividades foram aplicadas na sétima série do ensino fundamental, ciclo II, e na terceira série do ensino médio. Na sétima série do ensino fundamental, envolveram as professoras de Geografia e de Ciências, enquanto que na terceira série do ensino médio os professores de Geografia e de Biologia.

Foi necessária a revisão bibliográfica de conhecimentos geológicos para elaborar as atividades, mediante consulta aos principais livros de Geologia Introdutória² de nível superior em língua portuguesa: Press et al. (2007); Teixeira et al. (2000); ESCP (1973, 1976); Leinz e Amaral (2003).

Os professores acompanharam os Parâmetros Curriculares de Geografia e Ciências do ensino fundamental (BRASIL, 1998a, 1998b) onde são preconizadas a interdisciplinaridade e contextualização como “*recursos complementares para ampliar as inúmeras possibilidades de interação de disciplinas entre as áreas, nas quais, venham a ser agrupadas*”. Isso implicou o uso de múltiplas atividades didáticas: campo, demonstrações, laboratório, projeção de filmes, estudos de amostras de rochas e elaboração de mapas.

Essas atividades foram divididas em quatro partes distintas³:

1. Avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos (pré-teste);
2. Aulas práticas e teóricas;
3. Aulas de campo;
4. Avaliação dos conhecimentos dos alunos ao final do trabalho (pós-teste).

Além de despertar grande interesse dos alunos para estudar as atividades diferenciadas que envolveram sua realidade e seu cotidiano, ao final desse estudo, relatou-se o desenvolvimento em determinados assuntos dentro da temática (HAGY; VILLANOVA, 2007).

O trabalho realizado foi muito importante, seja pela inovação curricular ou pelo enfoque dado ao cotidiano dos alunos, porém foi difícil circunscrever detalhadamente uma pesquisa específica. Compreendi que para descrever as ideias prévias dos alunos e acompanhar mudanças para uma visão mais científica da aprendizagem do ciclo da água, seria necessário organizar uma nova experiência didática. Confesso ao leitor que na etapa de elaboração das atividades (aulas)

² Segundo Cunha (1986), o termo Geologia Introdutória se refere aos conhecimentos que “... introduzem a aprendizagem no conhecimento geológico apresentando a estrutura básica desse conhecimento sob uma perspectiva abrangente, que inclui a Geologia como um todo e os principais processos e produtos por ela estudados” (p. 11).

³ Ver em Grego et al. (2006), Hagy e Villanova (2007) e Villanova (2007).

prevalecia meu lado “professor”, uma vez que na sala de aula o funcionamento era considerável, mas pouco contribuía com dados para uma pesquisa científica.

Na tentativa de suprir essa lacuna entre pratica docente e pesquisa científica, além de oferecer referência para outros estudos científicos, foram realizadas novas atividades, nos anos de 2007 e 2008. Em 2007 aplicaram-se as atividades de 2006 com pequenas alterações. Apenas um professor participou da execução das etapas com os alunos realizando as aulas práticas após a aula de campo, diferentemente do ano anterior.

1.1 - Objetivos e Considerações Prévias

Em 2008, foram elaboradas atividades mais específicas, com o intuito de fazer uma investigação mais detalhada de algumas concepções alternativas dos alunos sobre os reservatórios de água subterrânea, e de como as atividades e as discussões em grupo os ajudaram nas discussões e nas alterações das concepções. Nesse novo contexto, a pesquisa aprofundar alguns aspectos não suficientemente explorados nos anos de 2006 e 2007, a partir de uma atividade prática e suas discussões. Nesse novo momento, um pouco mais maduro a respeito de como ser pesquisador, graças às contribuições de meu orientador, dados mais relevantes foram conseguidos por meio dessa nova intervenção.

Portanto, os objetivos aspirados pela pesquisa podem-se resumir em: analisar, por meio de uma aula de manipulação de amostras de rochas, como alunos constroem conhecimento acerca do reservatório subterrâneo de água, bem como avaliar as interferências do senso comum (idéias prévias) na forma como interpretam esses elementos naturais. Diferente dos anos anteriores, pois percebemos uma preocupação menos com a elaboração e o resultado das aulas, e mais com o processo de aprendizagem em si.

Ao longo da pesquisa, procurou-se construir, através de inúmeras pesquisas, uma base teórica voltada ao Ensino de Ciências e das Ciências da Terra. A primeira está mais relacionada

com a preocupação de delinear idéias prévias presente nas interpretações dos alunos, já a segunda envolve o tema ciclo da água, com um recorte em seu subciclo subterrâneo e as dificuldades cognitivas dos alunos.

Na sequência da dissertação, será partilhada no Capítulo 2, uma breve consideração dos livros didáticos de Geografia e Ciências e como estes podem ocasionar uma defasagem no entendimento da sociedade acerca dos fenômenos naturais que envolvem o ciclo da água. Em um segundo momento, serão exploradas as principais características do reservatório subterrâneo e como o conhecimento pode influenciar na relação entre sociedade e natureza, tornando-a menos conflituosa e insustentável. Nesse Capítulo, como exemplo de uma problemática, utilizamos a realidade do Aquífero Guaraní como fonte de água para o município de Ribeirão Preto. Esse exemplo aventurou-se em como uma realidade local pode ser ricamente utilizada por professores, criando um significado único para os alunos, pois mostra uma interação mais viva entre o conteúdo escolar e elementos presentes em seus cotidianos.

O Capítulo 3 apresenta a base teórica utilizada na análise e discussão dos dados. Procurou-se esmiuçar trabalhos científicos que tratam das características das ideias prévias e as dificuldades cognitivas específicas dos alunos relacionados à água subterrânea. As teorias utilizadas nessa etapa da análise são de importantes expoentes do Ensino de Ciências e Ciências da Terra como Driver (DRIVER et al., 1989a, 1989b, 1999), Dickerson (DICKERSON et al., 2005, 2006; DICKERSON; DAWKINS, 2004) e Orit Ben-Zvi Assarf e Nir Orion (BEN-ZVI-ASSARF; ORION, 2005a, 2005b). Enquanto a teoria de Driver se preocupa em estudar noções mais voltadas às ideias prévias das crianças, as outras teorias voltam-se mais às dificuldades cognitivas que os alunos enfrentam na aprendizagem do reservatório subterrâneo. Essa etapa, um levantamento bibliográfico, nos forneceu conhecimento essencial para o desenvolvimento da pesquisa, em especial os Capítulos 5 e 6.

A descrição das aulas, bem como dos procedimentos adotados ao longo da pesquisa estão presentes no Capítulo 4. Neste, procurou-se mostrar como as etapas foram se desenvolvendo, bem como informar dados relevantes como quantificação de alguns dados (número de alunos e tempo de gravação) que auxiliarão na leitura dos capítulos posteriores.

No Capítulo 5 inicia-se a análise dos dados. Nele foi analisada a interação entre os alunos, e posteriormente destes com o professor, em uma aula cujo alvo era estudar amostras de rochas e o comportamento que cada uma apresenta em relação à infiltração de água. Nessa etapa, nossa preocupação foi de esmiuçar como os alunos foram desenvolvendo explicações por meio dos dados adquiridos na experimentação e a influência das idéias prévias nesse processo.

Com os dados da interação, verificamos no Capítulo 6 como as dificuldades específicas apresentadas pelos alunos e o cotidiano interferem na aprendizagem dos conceitos científicos envolvidos no processo de infiltração da água no solo. Nessa etapa, todo o conhecimento descrito no Capítulo 3 cruzou-se com os dados adquiridos na aula estudada. Dessa forma, apresentamos uma série de dúvidas e possíveis interpretações que culminaram em nossas conclusões: Capítulo 7.

Procurou-se, nesse Capítulo 7, desenvolver pequenas contribuições que fossem coerentes com toda a bibliografia levantada durante o tempo de desenvolvimento da pesquisa. A conjunção dessas distintas linhas de pesquisa possibilitou estabelecer correlações que supriram algumas dúvidas que possuía enquanto professor do ensino básico. Foi possível perceber a natureza das dificuldades que os alunos enfrentam ao estudar o reservatório subterrâneo.

Aparecem implícitas como um norte para auxiliar uma direção a ser almejada, durante as discussões, perguntas como: Quais as informações que os alunos utilizam para explicar a infiltração da água nas rochas? Como o cotidiano interfere na construção desse conhecimento? Qual a relação entre o cotidiano e as dificuldades específicas para o ensino do ciclo da água? Quais foram as mudanças apresentadas pelos alunos?

Ressaltamos, entretanto, que ao longo das discussões, podemos perceber que a formação inicial dos professores, seja para ensinar as dimensões não visíveis da circulação da água ou para sanar as dificuldades dos alunos em relação ao tema, assume papel significativo, senão o mais importante. Outra consideração relevante foi a valorização do cotidiano do aluno, não apenas utilizando-o como simples exemplo para desencadear o interesse na sala de aula, mas considerado como um tipo de conhecimento extra-escolar que os alunos levam para dentro da escola, interferindo no modo como criaram sentidos às atividades propostas. Essas considerações,

juntamente com outras, fazem parte das conclusões apresentadas no Capítulo 7, onde buscamos sintetizar nossas impressões.

2 - O CICLO DA ÁGUA

Por se tratar do tema principal da pesquisa, este capítulo se dedica a esmiuçar o ciclo da água, mas, como esse ciclo possui infinitas possibilidades de tratamento foi feito um recorte no reservatório subterrâneo. Dessa forma, apresentamos uma visão geral do todo (ciclo da água), para explorar os fenômenos e os câmbios de matéria inerentes ao nosso objeto central (reservatório subterrâneo).

Parte de nossa motivação para pesquisar o tema partiu da insuficiência que certos livros didáticos, tanto de Geografia quanto de Ciências, apresentam. O conjunto de livros, disponível na unidade escolar onde lecionava, nada auxiliava o professor nas aulas voltadas ao tema ciclo da água. Além de eventuais erros conceituais, observou-se profunda superficialidade no tratamento do tema.

Dentro dessa perspectiva, houve a necessidade de aprofundamento no estudo do livro didático para que surgissem alternativas que pudessem suprir as reais necessidades do professor. Nessa perspectiva, a pesquisa permeou estudos voltados à análise desse tipo de material didático, tais como: Mogilnik (1996); Freitag et al. (1989); Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b); Megid Neto e Fracalanza (2006); e Ribeiro et al. (2007).

Esses estudos se preocupam com aspectos tanto metodológicos quanto teóricos apresentados nos livros didáticos, como exemplo a superficialidade dos temas, mas destacamos também que há uma latente preocupação em decorrência da extrema vinculação de professores frente a esse material.

Dessa forma, o professor acaba por absorver e perpetuar as incoerências que eventualmente estão presentes, pois muitos consideram esse livro como a verdade absoluta a ser seguida, como versa Mogilnik (1996).

Hagy et al. (2008) estudaram o tema ciclo da água em 6 livros didáticos de Geografia e Ciências, adotados em uma escola estadual nas últimas três escolhas do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Para a análise, utilizaram metodologia apresentada por Amaral et al.

(2006) abordando as concepções de cotidiano, concepções de ciência/tecnologia/sociedade e as noções de ambiente. Ao final, concluíram que apenas a utilização de livros didáticos voltados ao Ensino Básico não fornece subsídios suficientes para a construção de um ciclo da água integrado.

Hagy et al. (2008) apresentaram, como alternativa a essa realidade, a utilização de livros didáticos voltados ao ensino superior, os livros de Geologia Introdutória. Estes, por sua vez apresentam uma visão mais completa do ciclo da água por exibirem o tema com menor grau de simplificação. Mas vale ressaltar uma das conclusões dos autores, na qual cita que apenas a troca de um material por outro (livros didáticos de educação básica por livros de Geologia Introdutória) não é garantia de sucesso. Há necessidade do entendimento das dificuldades que alunos de diferentes idades apresentaram no decorrer das intervenções didáticas, para então tecer aulas que efetivamente possibilitem uma mudança conceitual.

Outro fato determinante a ser considerado, que foi pouco explorado por Hagy et al. (2008), é a inserção na escola de textos acadêmicos ligados a temas presentes na realidade vivenciada pelo professor. Esse contato, por minha consideração pessoal, é pífia ou simplesmente inexistente. Com isso, cria-se um abismo entre o material didático utilizado na sala de aula e o conhecimento científico, podendo acarretar dificuldades intransponíveis que professores e alunos enfrentarão. Muitas idéias acientíficas não serão superadas, permanecendo como explicações aceitáveis nas discussões e conclusões das crianças.

Ao final do presente capítulo, será exposta uma situação que demonstra a importância social desse conhecimento científico e as consequências que um gerenciamento equivocado pode causar ao bem estar comum.

Líquido essencial para a vida, a água sempre foi um fator fundamental para a sobrevivência e o desenvolvimento de nossa sociedade. Assentamentos humanos com disposição abundante desse recurso possuíam vantagem estratégica em relação a regiões com escassez. As primeiras civilizações floresceram em lugares ricos em água e eram extremamente dependentes dos rios (Egípcios – rio Nilo; Babilônios – rios Tigre e Eufrates).

Morin (1988) defendeu que a passagem do pastoreio nômade, à domesticação de animais e à agricultura, deve ter ocorrido como resultado da pressão propiciada pelo aumento

demográfico. Isso introduziu a transformação da tribo nômade em vilas, mais ou menos próximas umas das outras, em nichos ecológicos excepcionalmente ricos. Essa transformação introduziu mudanças significativas nas atividades de homens e mulheres, os homens antes dedicados à caça passam a se dedicar à guerra.

Essas condições ecológicas favoráveis estavam vinculadas às dinâmicas associadas ao ciclo da água: suprimento de água e abundância de nutrientes transportados pela água.

O desenvolvimento da tecnologia permitiu ao homem alterar o seu ambiente e, conseqüentemente, obter maior quantidade desse recurso (aquedutos, poços, barragens e desvios dos cursos naturais são alguns exemplos). Devido a esses avanços, a ocupação humana pôde ser introduzida onde antes era improvável devido a condições ecológicas menos favoráveis (regiões áridas e semi-áridas).

Além da importância ecológica, a água também participa de inúmeros fenômenos terrestres que acabam alterando o ambiente em diferentes níveis. Como exemplo, processos geológicos de intemperismo, transporte e deposição, são fatores essenciais na modelagem e transformação da superfície terrestre, sendo ela o principal responsável por essas dinâmicas. Podemos mencionar, ainda, os fenômenos atmosféricos em que a umidade é elemento central juntamente com a temperatura e a pressão atmosférica.

Apesar da abundância verificada em observações de mapas e imagens de satélites, nos quais apontam um planeta onde a cor predominante é a azul, nem toda água está disponível para o consumo dos seres humanos. Apenas uma pequena parcela (4,04% - PRESS et al., 2006) pode ser utilizada. O maior reservatório de água são os oceanos e mares, correspondendo a 95-96% (PRESS et al., 2006).

Uma das indagações marcante nas noções apresentadas pelos alunos é: É verdade que a água um dia acabará? Essa dúvida possivelmente expressa desconhecimento e dificuldade ao mensurar a quantidade de água existente no planeta. Mas pode ser utilizada como início do estudo dos diferentes reservatórios existentes, e no entendimento da distribuição e possibilidade de cada um deles.

Compreender que esse recurso, possível de ser utilizado por seres humanos, é escasso e finito, diferentemente do que se pensava antigamente, nos remete a estudos relacionados aos conhecimentos geológicos. Um exemplo, que reforça a preocupação de um eventual esgotamento desse bem, é o atual contexto mundial, no qual o consumo de água vem crescendo juntamente com a poluição de importantes corpos hídricos, deixando parte da população mundial abaixo da quantidade considerada mínima para a manutenção de uma pessoa em bons níveis de saúde e higiene (80 litros/dia). Em países como os Estados Unidos a quantidade per capita diária consumida é de 500 litros, contrastando com os 5,4 litros diários disponíveis para um morador de Madagascar. (HIRATA, 2000).

Portanto, entender o comportamento e disponibilidade da água em locais distintos, além das trocas que se configuram entre os reservatórios, possibilita melhor planejamento desse recurso. A circulação da água no planeta recebe o nome de ciclo da água, conceito que nos permite conhecer os caminhos da água na natureza, tanto em nível global como local. Uma forma mais integrada de tratar esses caminhos revela como as atividades sociais e econômicas *desviam* parte desses caminhos, para as mais diversas necessidades humanas, desde as diretamente vinculadas à sobrevivência até os mais sofisticados processos de produção energética e industrial.

2.1 – Água, energia e movimento.

No cotidiano, temos muitas notícias e informações relacionadas ao ciclo da água. Derretimento das calotas polares pelo aumento do efeito estufa, seca no nordeste do Brasil, enchentes em cidades, ou a curiosidade em saber a origem da água que abastece nossas cidades. Estas informações estão relacionadas às Ciências Naturais e são importantes requisitos para a formação crítica de um cidadão, tendo em vista o bem estar de toda sociedade. Apresentadas isoladamente, porém, contribuem para formar noções incompletas, incorretas e confusas que impossibilitam a uma pessoa comum compreender a dinâmica desses fenômenos.

O ciclo da água também aparece em diferentes materiais didáticos disponíveis e, para ilustrar, podemos citar o estudo feito no Capítulo 2, com livros didáticos destinados a alunos do ensino fundamental do ciclo II, tanto no componente curricular de Ciências como no de Geografia.

A água pode ser encontrada na atmosfera, na superfície e até em locais profundos que podem chegar a 10 km na crosta terrestre (KARMANN, 2000). A totalidade dessa água é conhecida como hidrosfera, que pode ser dividida em seis grandes reservatórios, com suas respectivas quantidades de água⁴: Oceanos – 95,96%; Geleiras e capas de gelo – 2,97%; Água subterrânea – 1,05%; Lagos e rios – 0,009%; Atmosfera – 0,001%; e Biosfera – 0,0001%.

A circulação entre esses reservatórios forma uma série de subciclos ou apenas trocas independentes de umidade entre atmosfera, continentes e oceanos, bem como as sucessivas mudanças de estado físico, que é conhecida como ciclo da água, e mantém as quantidades de cada reservatório constantes (ESCP, 1973, 1976). Se olharmos o ciclo da água com mais cuidado, podemos defini-lo como uma movimentação não apenas da matéria água. Diversos tipos de materiais estão presentes e são carregados e trocados entre os reservatórios. Tais mudanças e fluxos de matéria sempre envolvem intercâmbio de energia, tanto energia solar quanto gravitacional.

Pode-se perceber a atuação da energia solar através da quantidade de evaporação de água em locais de maior insolação e, conseqüentemente, de temperatura mais elevada (latitudes baixas). Outra relação importante entre evaporação e temperatura pode ser observada através da pressão de saturação de vapor. Quanto maior a temperatura do ar, maior é a capacidade desse ar de conter moléculas de água e, portanto, maior a pressão de saturação de vapor (ESCP, 1973, 1976).

Já a energia gravitacional é notada pela precipitação, pela corrida dos rios até os pontos mais baixos e pela movimentação da água no reservatório de água subterrânea.

As minúsculas gotículas de água que ficam na atmosfera e formam as nuvens só conseguem voltar à superfície terrestre quando se juntam, aumentam a sua massa e conseguem

⁴ Fonte – Press et al. (2006).

ser atraídas pela força da gravidade. Os rios sempre correm de pontos mais altos para pontos mais baixos do relevo, até atingirem os oceanos (em poucas ocasiões nos mares fechados – drenagem endorreica). No caso dos reservatórios subterrâneos, a água é continuamente pressionada pela infiltração e pela gravidade, fazendo com que o movimento nesse reservatório apesar de lento seja contínuo (LEINZ; AMARAL, 2003).

2.1.1 - Os caminhos da água na natureza

Partindo do grande reservatório de água (oceanos) a água é aquecida pelo calor do Sol e parte dela evapora, mudando para outro reservatório, a atmosfera. Condensa-se e através da precipitação é transferida para outros reservatórios, podendo ser novamente para os oceanos e mares ou para o interior dos continentes. Ressalto, porém, que a noção fundamental de difícil entendimento pelos alunos é a transferência de água dos oceanos para os continentes, o que garante aos reservatórios terrestres a água doce que a humanidade necessita.

A água que evapora dos oceanos, que pode ser quantificada em 424.000 Km³, quase que na sua totalidade retorna a esse reservatório por meio de precipitação direta, 398.000 Km³. O restante é transferido pela atmosfera para o continente, 36.000 Km³ (PRESS et al., 2006). Assim, ocorre a precipitação no continente e, por conseguinte o abastecimento dos rios e lagos, do reservatório subterrâneo, da biosfera e das geleiras continentais.

Em locais de temperatura muito baixa, a água presente na atmosfera pode precipitar na forma de cristais de gelo, que ao atingirem o solo irão formar as geleiras ou as calotas polares. Nela a água pode permanecer por um longo período de tempo (10-10.000 anos – KARMANN, 2000) formando grandes volumes que são capazes de movimentar grandes blocos de rochas modificando o ambiente. Ao derreter, passam para outros reservatórios, em geral rios próximos ou mesmo diretamente para os oceanos.

Caso a precipitação ocorra na forma líquida, a água pode tomar quatro destinos distintos: uma parte escorre para os locais mais baixos munindo os rios e lagos; outra parte irá infiltrar no solo e abastecer os reservatórios de água subterrânea; outra será utilizada pelos seres vivos; ou poderá ocorrer a evaporação das gotas de água ao atingirem o solo voltando assim à atmosfera.

Essa diferença de caminho pode ser determinada por muitas variáveis como: clima; morfologia do terreno, cobertura vegetal, litologia, impermeabilização do solo, entre outros.

A água presente no continente, seja nos rios e lagos ou nos seres vivos, pode, respectivamente, passar pelos processos de evaporação e evapotranspiração para voltar à atmosfera e, posteriormente, precipitar em outra região.

O tempo de permanência da água nos rios é de aproximadamente de duas semanas a 10 anos⁵. Já o reservatório subterrâneo pode armazenar a água por um período muito mais longo, podendo variar de poucas semanas até 10.000 anos (KARMANN, 2000). Essa água abastece rios, formam nascentes ou mesmo retornam aos oceanos diretamente pelo fluxo subterrâneo.

Todo esse processo apresentado de forma genérica e esquemática representa o ciclo da água global, que pode ser representado pela figura 2.1⁶.

A água dos oceanos que foi transferida para o continente (36.000 Km³ - PRESS et al., 2006), retorna para os oceanos preservando as proporções de cada reservatório, mantendo em equilíbrio, o ciclo da água. Isso demonstra uma noção importante de ciclo, evidenciando que a água dos rios, que é levada aos oceanos, não causa um aumento no nível deste reservatório.

Observa-se, então, que ocorre a reciclagem da água, pois os oceanos e mares possuem inúmeros materiais dissolvidos que não são transferidos para a atmosfera. O total de água presente na atmosfera pode parecer muito reduzido, porém quase toda água doce que sustenta grande parte da vida terrestre provém desse reservatório (ESCP, 1973, 1976).

⁵ Esclareço que o tempo de 10 anos pode parecer demasiadamente longo para a maioria dos rios da Terra, porém incluo nessa nota um dado importante explicitado em Karmann (2000). O tempo apresentado refere-se não apenas a rios, mas também a represas, lagos e pântanos, que demandam um tempo maior de permanência.

⁶ Apesar de ser muito mais completo que a maioria dos livros didáticos para a educação básica, o esquema escolhido (PRESS et al., 2006) também apresenta problemas. Percebe-se que a ilustração não faz referência à interferência humana. Mas não podemos deixar de esclarecer que no texto onde que apresenta a Figura 2.1, há explicações bem detalhadas de como a ação do homem se insere no ciclo da água.

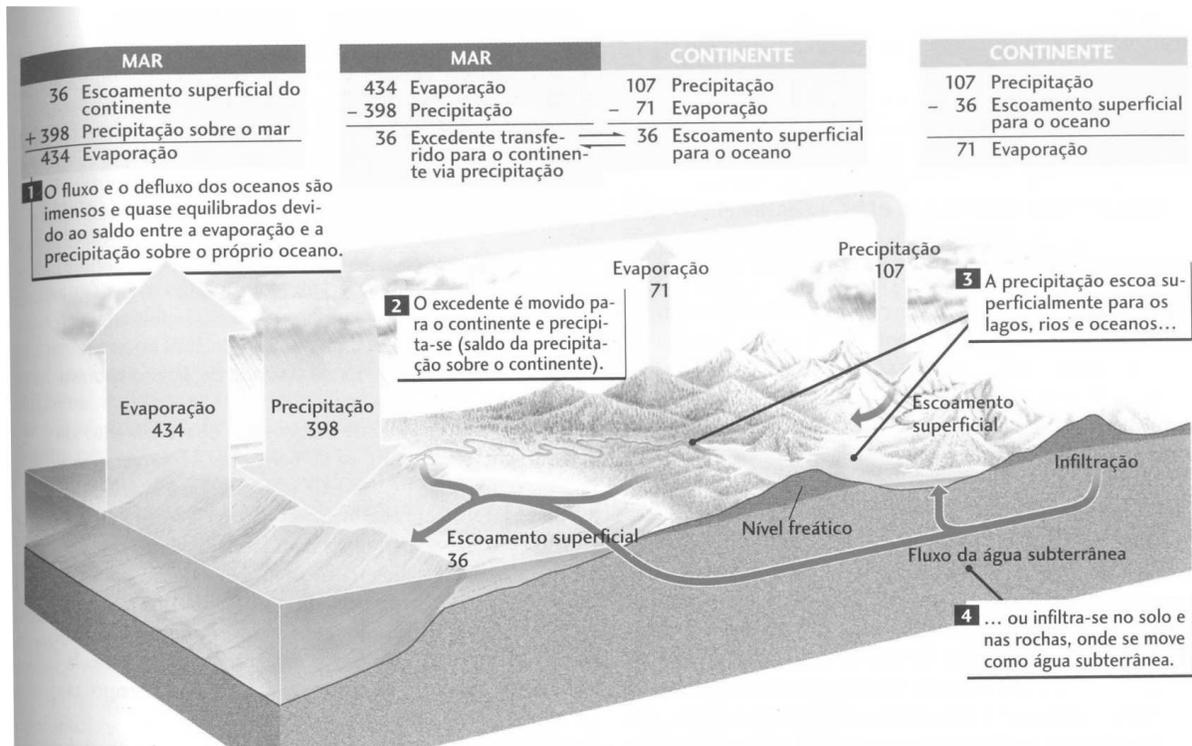


Figura 2.1-Esquema do Ciclo da Água – (PRESS et al., 2006).

2.1.2 – O Reservatório de Água Subterrânea

Para Karmann (2000) a água subterrânea é toda a água que “... ocupa vazios em formações rochosas ou no regolito...” (p. 118). Já o ESCP (1973, 1976) e Leinz e Amaral (2003), descrevem que a água subterrânea é aquela localizada no lençol freático, ou seja, abaixo da superfície piezométrica ou nível freático, que marca o limite entre as zonas saturada e não saturada (Figura 2.2). Portanto, para estes livros, água subterrânea é apenas aquela que se situa na zona saturada. Leinz e Amaral (2003) complementam citando que a água contida na zona não saturada é a *água edáfica*.

Assinalamos que, de certo modo, a última ideia é mais precisa porque a água subterrânea extraída pelo homem acha-se limitada às zonas saturadas embora as outras ocorrências façam parte do ciclo da água.

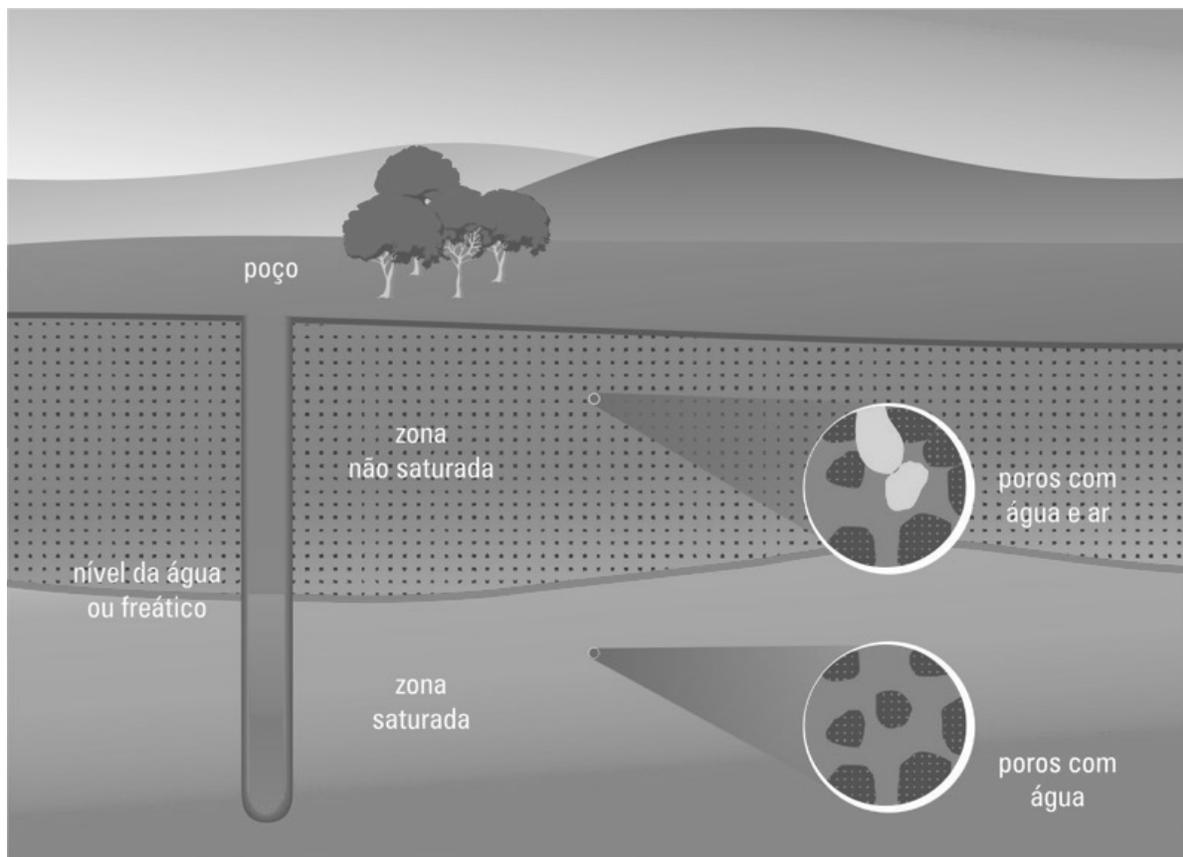


Fig 2.2 – Representação da zona saturada e zona não saturada. Fonte: (http://www.sg-guarani.org/microsite/pages/pt/info_aguas.php)

A diferença entre essas duas zonas pode ser explicada pelo preenchimento dos poros da rocha ou do solo. Quando os poros estão preenchidos apenas por água, temos a Zona Saturada, já o local onde os poros estão preenchidos por água e ar, é denominado de Zona Não-Saturada (PRESS et al., 2006).

No livro Press et al. (2006) não há uma definição a respeito da água subterrânea, mas há tratamento mais genérico: “A água subterrânea forma-se quando as gotas de chuva se infiltram no solo e em outros materiais superficiais não-consolidados, penetrando até mesmo em rachaduras e fendas do substrato rochoso.” (p. 320). Nesse trecho pode-se perceber que os autores consideram a água subterrânea como toda a água contida no subsolo, não fazendo distinção entre zona saturada e insaturada analogamente ao desenvolvimento feito por Karmann (2000).

A visão de água subterrânea adotada nesse trabalho (PRESS et al., 2006) considerando-a como toda água que se localiza no subsolo, sem restrição entre as zonas saturadas e não saturadas,

apesar de considerar importante o reconhecimento e o entendimento dessas zonas, bem como o nível freático que as separam.

Já a definição aquífero está relacionada às camadas rochosas que possuem alta capacidade de armazenamento e abastecimento (ESCP, 1973, 1976; PRESS et al., 2006). Portanto essa definição está ligada a certos tipos de rochas que conseguem reter certa quantidade de água, em geral essas rochas possuem alta permeabilidade.

No livro de Leinz e Amaral (2003), aquífero está relacionado ao seu aproveitamento econômico, recebendo esse nome se as suas características permitirem a exploração desse bem mineral. Opinião semelhante de Karmann (2000) que o define como “unidades rochosas ou de sedimentos, porosos e permeáveis, que armazenam e transmitem volumes significativos de água subterrânea passível de ser explorada pela sociedade...” (p.125).

Esse reservatório possui cerca de 97% de toda a água doce do nosso planeta no estado líquido, sendo que essa quantidade de água é 100X maior que toda a água disponível nos rios do mundo. Em muitas regiões, esse reservatório é responsável pelo abastecimento tanto de áreas rurais como de áreas urbanas. Estima-se que mais de 1,5 bilhões de pessoas são abastecidas por ele (Hirata 2000).

Para se ter uma ideia de seu uso, a Cidade do México que é abastecida por 1.330 poços tubulares que extraem 3.200 milhões de litros por dia, que corresponde a 94% das necessidades. Aqui no Brasil tomamos como exemplo o Estado de São Paulo, no qual 70 % de todos os municípios são abastecidos pela água subterrânea, seja parcialmente ou em sua totalidade, como acontece na região de Ribeirão Preto, interior de São Paulo (HIRATA, 2000).

Entender esse subciclo subterrâneo, bem como seus mecanismos de funcionamento, é de extrema importância, pois seu uso racional pode evitar a superexploração e eventuais contaminações dessa valiosa fonte de água. Os livros didáticos de Geologia de caráter introdutório se preocupam em mostrar aos leitores esses mecanismos, aprofundando os diversos conceitos geológicos envolvidos, como: infiltração, porosidade e permeabilidade, movimentação e alterações antrópicas.

2.1.2.1 - A Infiltração da água no solo.

É na interface atmosfera/litosfera, através da infiltração da água no solo, que o reservatório subterrâneo é abastecido. Porém, essa água não tem livre acesso ao mundo subterrâneo, pois se a superfície do solo atingir a saturação, esse importante processo pode cessar. Deste modo não haverá mais penetração até que essa água infiltrada consiga atingir pontos mais baixos e abrir espaço para novas porções de água.

A quantidade e a velocidade de água que irá infiltrar no solo durante uma precipitação dependem de algumas variáveis. A intensidade de uma precipitação está diretamente relacionada com a infiltração da água. Chuvas muito fortes tendem a saturar o solo rapidamente, criando assim um grande fluxo de água superficial (escoamento superficial). Já precipitações de baixa intensidade e bem distribuídas potencializam a infiltração, pois a velocidade de infiltração acompanha a velocidade da precipitação (ESCP, 1973, 1976; KARMANN, 2000).

A vegetação é outro fator importante para o processo de infiltração, sua presença causa uma atenuação do impacto causado pela queda das gotas de chuva na superfície do solo. Esse impacto pode prejudicar os poros que existem no solo diminuindo o espaço para a água passar e, conseqüentemente, retardando a infiltração da água. Em um determinado local desprovido de vegetação foi verificada uma velocidade de infiltração de 0,7 cm/h, enquanto que uma área coberta com vegetação atingiu uma velocidade de 5,6 cm/h (ESCP, 1973, 1976).

Além de proteger o solo, a vegetação, por meio da interceptação, retarda a queda dos pingos de chuva, que demoram mais para atingir o chão e muitas vezes chegam por gotejamento. Esse processo ajuda na infiltração, pois absorvendo água aos poucos evita que a saturação do solo seja alcançada na maior parte das chuvas (KARMANN, 2000).

A topografia também influi na infiltração, pois uma maior declividade aumenta a velocidade de escoamento superficial da água, diminuindo a possibilidade de infiltração, já em declividade menor a água escoar numa velocidade menor, favorecendo a infiltração (KARMANN, 2000).

2.1.2.2. - Porosidade e Permeabilidade.

Para entender como essa água infiltrada fica armazenada no reservatório subterrâneo, é necessário o entendimento da permeabilidade (transmissividade hidráulica) e da porosidade dos materiais. Diferentes tipos de rochas apresentam características distintas, alterando o comportamento da água contida.

Segundo Karmann (2000), “a porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de certo material.” (p. 121).

A porosidade dos materiais pode ser dividida em três tipos, representados na figura 2.3.

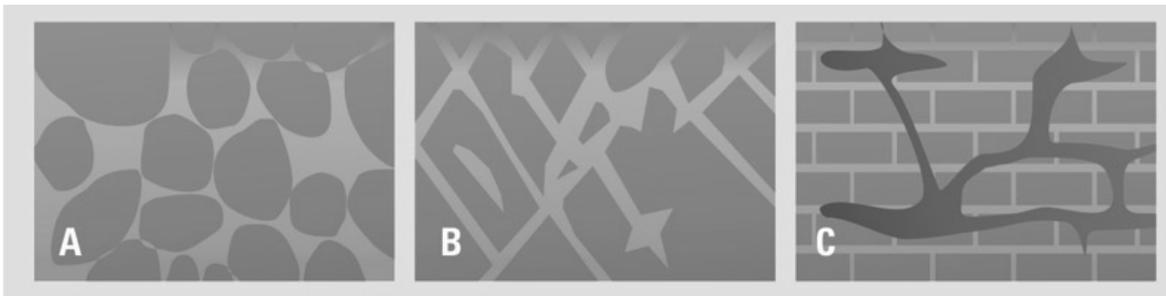


Figura 2.3 – Tipos de Porosidades: A – intergranular; B – de fissura; C – cárstica – Fonte: http://www.sg-guarani.org/microsite/pages/pt/info_aguas.php

A porosidade A é característica de rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados, sendo também conhecida como porosidade intergranular (KARMANN, 2000). Essa porosidade (que varia de 10 a 40 %) depende de alguns fatores para poder conter maiores ou menores quantidades de água. Quanto maior o tamanho dos grãos e menor o seu empacotamento (compactação), maior é o espaço existente entre eles, por outro lado, quanto menores as partículas e maior a cimentação entre elas, menos espaço sobra para ser preenchido pela água (PRESS et al., 2006).

O tipo de porosidade representada pela letra B é conhecido como porosidade de fraturas. Em rochas ígneas, metamórficas, ou mesmo sedimentares, podem ocorrer fraturas onde a água pode ficar armazenada. A porosidade nesse tipo é bem menor que no exemplo A, variando de 1 a 2% (PRESS et al., 2006).

O tipo representado pela letra C⁷ é apontado por Karmann (2000) como um tipo especial de porosidade que ocorre em rochas solúveis como calcário e mármore. Conhecida como porosidade cárstica, ela se caracteriza pelos grandes vazios decorrentes da dissolução dessas rochas.

Esse tipo, apesar de ser encontrado apenas em locais com ocorrência de rochas solúveis, pode confundir diversas pessoas, pois há uma correlação direta da visão de rios superficiais com um rio subterrâneo. Esta visão acaba englobando todo tipo de porosidade e não apenas [aquele] restrito a relevos cársticos (BEN-ZVI-ASSARF; ORION, 2005b).

Tão importante quanto conhecer a porosidade de um material terrestre, é conhecer a sua permeabilidade. Apesar de alguns materiais conterem poros de tamanhos consideráveis, se não houver uma intercomunicação desses poros, a água fica impossibilitada de circular dentro desse material.

A capacidade de um material conduzir algum fluido através de seus poros conhecida como permeabilidade. Geralmente a permeabilidade aumenta com a porosidade, mas em alguns casos, como nas argilas que podem atingir até 50% de porosidade a permeabilidade quase que inexistente. Essa situação ocorre devido ao tamanho diminuto dos poros onde a água fica presa por absorção (KARMANN, 2000).

Essa relação entre porosidade e permeabilidade nos ajuda a entender qual tipo de rocha é mais apropriada para extração de água subterrânea. Ações desse tipo devem necessariamente passar por estudos da litologia local, pois uma rocha pode até possuir uma quantidade de água considerável (porosidade), mas se houver uma movimentação (permeabilidade) muito lenta o bombeamento será improdutivo, inviabilizando a exploração

⁷ Um exemplo desse tipo de porosidade pode ser observado pelos acontecimentos ocorridos em Cajamar/SP no ano de 1986. Nesse local existe uma rede de cavernas que eram utilizadas para extração de água através de inúmeros poços na região. Devido à superexploração da água subterrânea, as paredes que formavam uma das cavernas acabaram cedendo e formando uma dolina em plena área urbana. (KARMANN, 2000).

2.1.2.3. - Movimentação da Água Subterrânea.

Por causa da grande dificuldade de uma observação direta do reservatório subterrâneo, pode ocorrer certo engano a respeito da movimentação da água. Muitos reconhecem o reservatório como algo estático, que pouca ou nenhuma troca realiza com os outros reservatórios. Ou quando há o reconhecimento de mobilidade dessa água, este vem relacionado a um rio subterrâneo, assim como ocorre no aquífero cárstico (tipo de porosidade C - fig 3.2).

A maioria dos materiais terrestres apresenta um forte obstáculo para a movimentação da água subterrânea. No tipo de porosidade A, a velocidade pode variar de 0 até a excepcionais 100 m/dia em cascalhos não consolidados (KARMANN, 2000). Argilas geralmente apresentam pouca permeabilidade e a movimentação é praticamente nula nesse material. Numa areia fina, a velocidade pode atingir 1 m/hora, e em uma formação rochosa como o Arenito Botucatu, a velocidade é por volta de 10 cm/dia (LEINZ; AMARAL, 2003).

A diferença observada entre a areia e o Arenito Botucatu pode ser explicada pela compactação e cimentação que o arenito apresenta. Dessa forma, a porosidade e a permeabilidade desse material são menores, dificultando assim a movimentação da água. Segundo Press et al. (2006), essa lenta movimentação ajuda a manter a quantidade de água no subsolo, pois se a água subterrânea se movesse muito rapidamente, em um período de estiagem este reservatório secaria rapidamente.

Mas, apenas a porosidade e a permeabilidade não explicam o porquê do deslocamento da água pelos materiais, há a necessidade de forças para que essa movimentação ocorra. O principal fator que promove o deslocamento da água subterrânea é a força da gravidade. Por meio dessa força, a água se infiltra pelos poros localizados nos materiais terrestres e segue seu caminho até encontrar uma área saturada e não conseguir mais infiltrar.

Essa água infiltrada, também recebe influência da coluna de água sobrejacente e das rochas adjacentes. Esse processo acaba gerando pontos com pressões diferentes, acarretando em uma movimentação de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão. Essa diferença de pressão é chamada de potencial hidráulico, podendo movimentar a água no sentido contrário da força da gravidade (KARMANN, 2000).

2.1.2.4. - Alterações Antrópicas.

Os reservatórios do ciclo da água tendem a se manter em equilíbrio, com as suas respectivas quantidades de água estáveis ao longo de certo período de tempo. Porém, algumas alterações podem desequilibrar essas quantidades e o principal modificador tem sido o homem.

Todos os subitens anteriores podem nos levar a um entendimento, mesmo que superficial, do reservatório subterrâneo e do ciclo da água. Conhecendo suas principais características, nos ajudam a entender como as ações humanas sobre o meio físico podem de alguma forma modificar o comportamento da água.

São muitas as alterações antrópicas que afetam o reservatório subterrâneo, mas aqui será examinado como o homem altera o balanço hídrico e polui esse reservatório, problemas muito comuns enfrentados principalmente em locais de alta densidade demográfica, e com pouca disponibilidade de água superficial potencialmente aproveitável.

A ocupação do solo altera os padrões de infiltração da água. Nas áreas rurais a retirada da vegetação natural e a compactação do solo, por meio do pisoteio do gado e da utilização de máquinas agrícolas, reduzem as taxas de infiltração. Nas áreas urbanas a impermeabilização do solo é o principal problema observado, impedindo a infiltração da água da chuva (KARMANN, 2000). Esses exemplos causam a diminuição da água disponível no subsolo devido à menor quantidade de água que chegará nesse reservatório.

No caso das áreas urbanas, o impedimento da infiltração da água no solo pode causar outro tipo de problema, pois aumenta o fluxo e a velocidade da água superficial que chega à calha do rio. Esse fenômeno aliado à ocupação das áreas de várzea causa inundações, típicas em nossas cidades desprovidas de planejamento adequado.

A diminuição da recarga do reservatório subterrâneo é agravada pela superexploração, que ocorre quando a retirada de água é superior à quantidade que é repostada. A exploração desse recurso é feita por meio de poços, que muitas vezes são clandestinos ou não sujeitos a fiscalização. Esse tipo de exploração descontrolada causa rebaixamento do nível freático e

diminui a produção do poço até o seu total exaurimento. O problema se agrava com o aumento e a proximidade dos poços, aumentando a velocidade de rebaixamento do reservatório neste local (PRESS et al., 2006; HIRATA, 2000).

Segundo Hirata (2000) e Press et al. (2006), essa superexploração acarreta não apenas problemas relacionados à escassez, mas também: intrusões salinas; infiltração de água de baixa qualidade localizadas em áreas mais superficiais; drenagem de rios devido ao rebaixamento do reservatório subterrâneo; e subsidência do terreno.

Outro problema causado pelo homem é a alteração da potabilidade da água nesse reservatório. Naturalmente, a água subterrânea apresenta alto índice de potabilidade não necessitando, na maioria dos casos, de tratamento para o consumo humano (HIRATA, 2000). Outra característica da água subterrânea é a quantidade, em torno de 150 ppm (partes por milhão), de materiais sólidos dissolvidos, em geral oriundos do intemperismo (PRESS et al., 2006).

Mas como a velocidade de escoamento através das rochas é muito lenta, um contaminante pode levar muito tempo para se diluir, podendo até inviabilizar a retirada de água subterrânea em áreas afetadas (HIRATA, 2000).

Quando ocorre a contaminação, a solução, mas simples é suspender a extração. Mas existem alternativas que visam a recuperação de um aquífero contaminado. Se a velocidade de deslocamento do aquífero for média a alta, este se recuperará em um intervalo de tempo pequeno, pois a natureza cíclica do reservatório levará o contaminante embora. Porém se a movimentação for muito lenta, deverão ser tomadas outras medidas como o bombeamento do contaminante, por meio de poços estrategicamente localizados, para que seja removido artificialmente. Essa água bombeada deverá posteriormente passar por um tratamento adequado para não voltar a contaminar o ambiente (PRESS et al., 2006).

Atualmente essa é uma atividade extremamente comum em locais onde há postos de gasolina antigos: bombeamento para remediar solos e águas contaminadas por hidrocarbonetos. Durante muitos anos não houve cuidados de monitoramento e uma legislação que indicasse a responsabilidade pela contaminação produzida pela rede de postos de gasolina. Mudança legal

brasileira, introduzida no ano 2000, forçou um conjunto de estudos e medidas focados na recuperação de solos e águas subterrâneas contaminadas.

2.2 - O ciclo da água para um estudo crítico do local - O caso de Ribeirão Preto – SP

Um caso exemplar da relação entre sociedade e natureza, dentro do tema ciclo da água, é o da cidade de Ribeirão Preto –SP, que está localizada em uma área privilegiada em relação à disponibilidade de água subterrânea. O sítio urbano deste município se localiza sobre dois aquíferos: Sistema Aquífero Guarani (SAG), a mais importante reserva de água subterrânea do Brasil e uma das maiores do mundo e o Aquífero Basáltico que também é muito produtivo na cidade porque é muito fissurado.

O Sistema Aquífero Guarani é um recurso hídrico transfronteiriço de 1,2 milhão de km² que abrange Brasil (71%), Argentina (17%), Paraguai (6%) e Uruguai (4%). Grande parte do volume extraído (87%) é destinada para o consumo urbano (CARNEIRO, 2007; CAVICCHIA, 2007; CAMPOS; CANESIN, 2008). Ainda não existe um consenso quantitativo do volume aproximado de água no SAG, a magnitude em diferentes estudos pode variar de 37.000 km³ até 4.600 km³ (CAVICCHIA, 2007).

Esse grande reservatório de água subterrânea é formado por diferentes tipos de rochas: Arenito Botucatu e Arenito Pirambóia. Os arenitos são as rochas armazenadoras e transmissoras, enquanto o basalto, que fica sobrejacente aos arenitos, constitui uma camada confinante oriunda de derrames basálticos de atividades vulcânicas que se iniciaram há aproximadamente 133 milhões de anos. Portanto, o SAG é um aquífero confinado na maior parte de sua ocorrência continental, que segundo Carneiro (2007) “... aparece quando a rocha aquífera é limitada por camadas confinantes e está sob uma pressão interna maior que a atmosférica” (pág 60). Ainda segundo esse autor, 90% da área total de arenitos estão cobertos pela camada de basaltos,

restando apenas 10% de arenitos expostos (afloramentos) para infiltração direta da água da chuva (áreas de recarga).

Pela sua localização, a cidade de Ribeirão Preto utiliza somente esse aquífero para o abastecimento urbano. Isso se deve à: facilidade de extração (o reservatório subterrâneo se localiza a profundidades média de 200m – LEINZ; AMARAL 2003); grande produção por poço (poços localizados no arenito Botucatu produzem uma média de 200 m³/h – CAVICCHIA, 2007); e por ser um aquífero confinado (que diminui a probabilidade de contaminação).

Mas essa “riqueza” da cidade está ameaçada por um motivo bem simples: há maior retirada da água do que a natureza é capaz de repor, em outras palavras ocorre uma superexploração dessa fonte. Segundo Campos e Canesin (2008), existem cerca de 450 poços em atividade apenas no município de Ribeirão Preto.

Segundo Cavicchia (2007), muitos estudos estão se concentrando nesse município por apresentar forte evidência de superexploração, apresentando considerável rebaixamento no nível de água do SAG na região central da cidade, resultando em desativação de vários poços. Realidade próxima é encontrada no município de Bauru – SP, porém a situação de Ribeirão Preto é mais crítica, uma vez que a extração anual é 13 vezes superior à recarga direta da chuva, causando um rebaixamento que já atingiu de 15 a 20 metros, ou, como expõem Campos e Canesin (2008), chegando até a 60 metros nas áreas mais afetadas, gerando a necessidade de poços cada vez mais profundos, e aumentando a possibilidade de entrada de contaminantes através dos poços desativados.

O problema não se restringe apenas ao alto consumo, outro fato relevante é que parte da área de recarga do aquífero está sendo urbanizada e, conseqüentemente, impermeabilizada pelas construções humanas. Essa área de recarga está localizada na Zona Leste do município de Ribeirão Preto, onde afloram as rochas sedimentares (Arenito Botucatu).

Segundo Cavicchia (2007), dos 137 km² da área de afloramento dos arenitos no município de Ribeirão Preto, 40% se encontra urbanizada. A alteração antrópica nessa área promove alterações na circulação natural da água, aumentando o fluxo superficial e diminuindo a infiltração direta, potencializando ainda mais o rebaixamento local do nível de água no SAG.

A junção desses fatores (alto consumo e impermeabilização do solo) torna o problema ainda maior, já levando alguns especialistas a pensarem em alternativas para futuro abastecimento. A solução alternativa atualmente mais aceita é muito polêmica: retirar água de um rio próximo, o rio Pardo, necessitando remodelar toda a atual infra-estrutura de abastecimento do município. É também muito limitado o debate sobre problemas antigos e persistentes do abastecimento de água da cidade: baixo nível de controle de perda de água na rede de abastecimento; falta de reservatórios (não há caixas de água suficientes em tamanho para acumular a água extraída dos poços e racionalizar a exploração); falta de planejamento na interligação do sistema de distribuição; e conflitos de uso devido ao crescimento demográfico incentivado e apoiado pela especulação imobiliária sobre áreas de recarga do SAG.

Defendemos que há alternativa para abastecer a cidade sem recorrer a novas obras e à perda do patrimônio hidráulico e cultural representado pela existência de uma grande cidade abastecida exclusivamente por água subterrânea. É esta a perspectiva ambiental que dirigiu as atividades educacionais relatadas nesta Dissertação. Enfatizamos nosso ponto de vista ambiental nos parágrafos seguintes.

A atual situação é preocupante. Mas pode-se minimizar futuros impactos com ações que há certo tempo se discute entre órgãos regionais e internacionais como o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e o Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. As ações são variadas, como a não permissão de novas perfurações de poços em regiões mais afetadas como a área central da cidade, regularização e fiscalização de todos os poços da região, a instalação do “Geoparque Guarani” para permitir a infiltração da água da chuva na área de recarga garantindo a renovação do reservatório, e a implementação de uma “Área de Proteção Máxima” (CAMPOS; CANESIN, 2008).

2.3 – Considerações

Pelo exemplo acima, observa-se que determinadas atitudes tomadas pelas autoridades públicas são incompatíveis com o conhecimento científico gerado em pesquisas. O exemplo de Ribeirão Preto no estado de São Paulo nos mostra essa situação.

Uma saída, para que nas futuras decisões os mesmos erros não sejam cometidos, é uma sociedade que entenda os mecanismos do funcionamento do ciclo da água, podendo entender tanto os impactos negativos quanto os positivos das “obras” feitas ou autorizadas pela administração pública.

Uma sociedade capaz de mensurar suas necessidades e a capacidade da natureza de prover recursos e, com essas informações, avaliar as intervenções antrópicas visando o bem comum e o desenvolvimento sustentável, será capaz de intervir e exigir mudanças. É o conhecimento científico a favor do interesse público e não apenas de um grupo de pessoas que busca resultados imediatos (tipicamente eleitores) ou benefício próprio.

Ao analisar alguns esforços de professores, percebemos consideráveis focos de disseminação nas escolas, apesar de pouco interligados, onde a maioria se preocupa com a propagação de informações científicas acerca do aquífero que abastece a cidade. Apesar dessa realidade e uma crescente preocupação com este reservatório, ainda podemos notar certa morosidade daqueles que deveriam preservá-lo. Uma possível explicação seria a forte influência política e econômica que certos grupos exercem no local.

As atividades desta pesquisa se preocuparam em formar conjuntamente ideias científicas e gerar uma visão crítica nos alunos, os quais futuramente poderão determinar o futuro do abastecimento em Ribeirão Preto. Por esse motivo, destacamos a importância das ideias científicas no sentido de conceber uma visão integrada baseada em dados locais. A visão crítica deriva da consequência de entender a natureza e a intervenção que sofre da sociedade.

3 - O Ensino de Ciências e do Ciclo da Água

Os aspectos indicados pela situação ambiental local de Ribeirão Preto revelam a importância de conhecer o ciclo da água. Atenção especial precisa ser dada à água subterrânea.

Os PCN do ensino fundamental ciclo II (EF-II) (BRASIL, 1996), apontam os objetivos: *“Posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes ações sociais, utilizando o diálogo como forma de mediar conflitos e de tomar decisões coletivas.”*; e *“Perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente, identificando seus elementos e as interações entre eles, contribuindo ativamente para a melhoria do meio ambiente.”*

Acrescentam ainda: *“Questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação.”*

Esses objetivos podem ser interpretados como defesa para formar pessoas críticas diante da informação sobre o ambiente e que possam conduzir ações coletivas.

Está além dos limites desta pesquisa investigar políticas curriculares, embora saibamos da existência de referências que são críticas aos PCN (tais como GEBRAN, 2005). Assinalamos somente que é inegável a importância de Ciências e de Ciências da Terra para o desenvolvimento de uma sociedade ambientalmente sustentável (como já assinalado por diversos autores, p.ex. FRODEMAN, 2000).

Carneiro et al. (2004) apresentam dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. Defendem que os conhecimentos geológicos são fundamentais para entender os limites da sustentabilidade da Terra e de nossa consciência ambiental. Assinalam, ainda, que os conteúdos geológicos presentes atualmente nos programas acham-se dispersos em distintos componentes curriculares e, em virtude disso, contribuem para formar uma visão fragmentada da realidade terrestre.

3.1 – O Ensino de Ciências

O construtivismo assinala que o conhecimento científico não é diretamente transmitido do professor aos alunos, mas necessita ser criado ativamente pelo aluno durante o processo de aprendizagem. Os alunos devem criar novos significados dentro da sala de aula e isso requer atividades práticas bem elaboradas que desafiem suas idéias prévias (DRIVER et al., 1999).

Driver et al. (1999) afirmam que o conhecimento científico é socialmente criado e validado e gera implicações importantes para as práticas pedagógicas do Ensino de Ciências, pois:

“... significa que a aprendizagem das ciências envolve ser iniciado nas formas científicas de conhecer. As entidades e ideias científicas, que são construídas, validadas e comunicadas através das instituições culturais da ciência, dificilmente serão descobertas pelos indivíduos por meio de sua própria investigação empírica; aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas ideias e práticas da comunidade científica e tornar essas ideias e práticas significativas no nível individual.” (pag. 33)

A Ciência requer Didática própria que pode conduzir à alfabetização científica, levando o aluno a adotar práticas inerentes à Ciência. A escola é, para muitos, a grande divulgadora da cultura científica.

Fumagalli (1998) defende que a escola é a instituição que põe as crianças em contato com elementos da cultura científica. Isso não ocorre por outros meios sociais como a família, a mídia ou mesmo o desenvolvimento espontâneo da criança na vida coletiva.

O professor tem um importante papel para a educação científica. Organiza o processo de criação de sentidos para os processos naturais, é um mediador entre alunos e conhecimento científico, ajuda os alunos a darem sentido ao conhecimento científico na vida cotidiana substituindo as ideias de senso comum (DRIVER et al., 1999). Mas isso não ocorre sem tensões, há um obstáculo para o entendimento dos processos naturais: as ideias prévias.

3.1.1 – As Ideias Prévias

Segundo Fumagalli (1998) “*Crianças, jovens e adultos, construímos, na nossa prática social cotidiana, um conhecimento do mundo que nos cerca.*” (p.17). Esse conhecimento cotidiano nos permite interagir com o mundo de uma forma muito eficiente (DRIVER et al., 1999; FUMAGALLI, 1998). Essa forma de pensar, agir e conhecer o mundo interfere na aprendizagem das crianças, pois ela a carrega consigo para dentro do ambiente escolar.

Driver et al. (1989a) relatam que os alunos chegam nas aulas de Ciências com explicações próprias sobre os fenômenos naturais. Essas explicações são geradas a partir de observações de acontecimentos cotidianos, conversas com outras pessoas ou por meio dos meios de comunicação. A partir dessa vivência cada criança cria informações e mecanismos pessoais, que acabam por gerar as ideias prévias.

A educação, segundo o construtivismo, deve ajudar o aluno a construir o conhecimento científico a partir dos conceitos do dia-a-dia.

Para Hambúrguer e Lima (1988), ensinar Ciência deve partir do conhecimento cotidiano dos alunos, pois “*Ciência está no dia-a-dia da criança de qualquer classe social, porque está na cultura, na tecnologia, no modo de pensar*” (pag. 13). A autora alega ainda que o papel do professor não é refutar o conhecimento cotidiano dos alunos, mas superá-lo para que se atinja o conhecimento científico, a partir de suas próprias ideias.

Barros e Carvalho (1998) afirmam, ainda, a importância de se conhecer as influências das ideias prévias no Ensino de Ciências, pois os alunos não recebem passivamente o conhecimento da aula. Ao invés disso, a criança vai construindo ativamente o conhecimento unindo novas informações às ideias prévias.

Há forte relação do conhecimento científico com o conhecimento cotidiano segundo Nagel (1975). O autor advoga que é difícil determinar os limites entre eles, pois muitas explicações científicas derivam do conhecimento cotidiano, pois é a partir deste que os cientistas se sentem intrigados a desvendar os fenômenos que nos cercam.

Mas para se identificar mudanças nas ideias prévias é necessário conhecer algumas características, inerentes a elas, que os alunos vivenciam no cotidiano, determinando o modo pelo qual interpretarão uma situação de aprendizagem.

Trabalhos realizados por diversos autores mostram a preocupação com o Ensino de Ciências, evidenciando a importância de se conhecer as ideias do senso⁸ comum (conhecimento cotidiano) que habitam os pensamentos dos alunos. Essas ideias recebem denominações como: “conceitos espontâneos”; “concepções espontâneas”; “conceitos prévios”; “ideias ingênuas”; “concepções prévias”; “pré-conceitos”; “formas espontâneas de raciocínio” (NARDI; CARVALHO, 1996; BACCI et al., 2007). Autores como Driver et al. (1999) e Nagel (1975) ainda citam que essas ideias prévias não se constituem apenas em uma visão estritamente pessoal, mas comum a um grupo de pessoas e são socialmente construídas.

Nagel (1975) aponta as características essenciais desse tipo de pensamento alternativo à cultura científica mostrando seu caráter limitado:

“... as crenças baseadas no bom senso são, em geral, imprecisas, e frequentes vezes, aproximam coisas e processos que diferem de maneira essencial; não raro, são incoerentes de modo que a preferência por uma de duas crenças incompatíveis, como base para a ação, é arbitrária; tendem a ser fragmentárias, em consequência do que as relações lógicas e substantivas entre enunciados independentes são, de hábito, ignoradas; são geralmente aceitas com reduzida consciência do alcance de sua legítima aplicação; são, via de regra, miopeamente utilitaristas, preocupadas, em boa porção, com assuntos diretamente relacionados com interesses práticos imediatos e normalmente aplicáveis apenas a áreas de experiência rotineira; por fim, e acima de tudo, as crenças baseadas no bom senso desprezam possibilidades outras para enfrentar problemas concretos, mantendo vigência por força da autoridade conferida por um costume que não se critica e que, portanto, não pode ser prontamente modificado de modo a tornar as crenças guias seguros para enfrentar situações novas.” (p. 15-16).

Nussbaum (1985) examina a ideia de Terra como corpo cósmico. Crianças pequenas concebem o planeta como plano, pois se baseiam em observações do cotidiano.

⁸ É importante destacar que há diferenças entre os termos que utilizou-se nesta dissertação para o termo apresentado por Driver et al. (1999) e que essas diferenças foram reconhecidas. Porém, como uma forma de simplificação, seguimos o pensamento dos autores citados neste parágrafo onde estas palavras são consideradas sinônimos de “ideias prévias”. Desse modo, percebe-se que no decorrer do texto, por simples tentativa de evitar a repetição do mesmo termo, utilizasse os termos citados.

Trata-se de um exemplo de crença adquirida ambientalmente e que acaba formando uma noção equivocada, na qual os corpos caem para baixo em relação à superfície desse plano, pois, para essas crianças, é a direção de movimento natural observada cotidianamente. Portanto, a criança possui uma convicção sobre direções coerente com a forma da Terra como é mostrado na Figura 3.1.

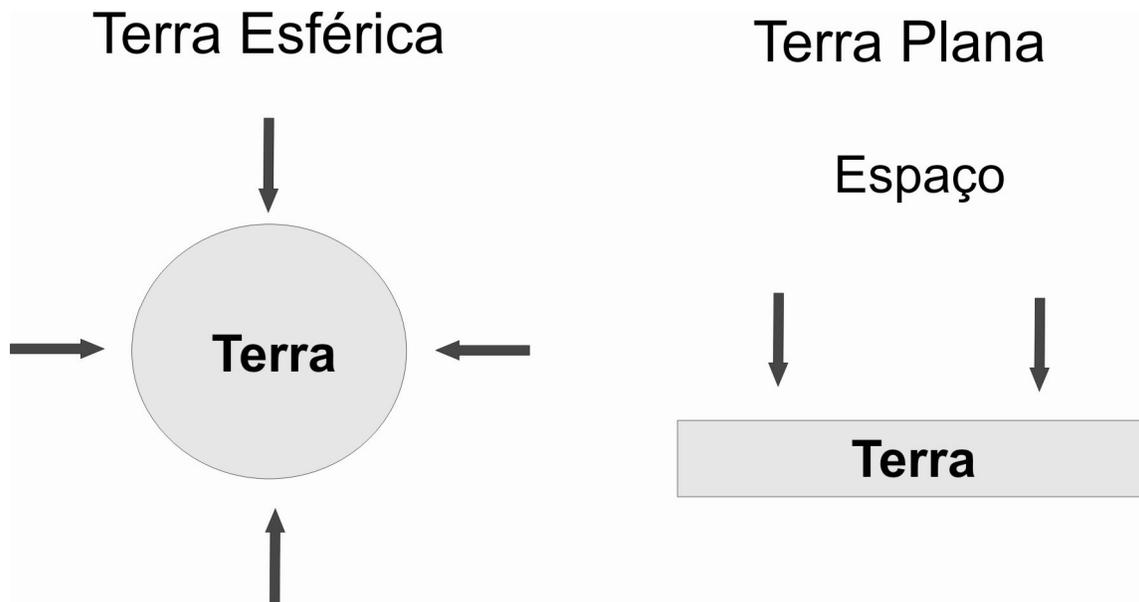


Figura 3.1- Diferentes ideias sobre as formas da Terra (NUSSBAUM, 1989).

Nardi e Carvalho (1996), apoiados no trabalho de Nussbaum (1985), apresentaram cinco diferentes idéias prévias sobre concepções das formas da Terra de acordo com a idade dos alunos. Esses estudos fornecem subsídios ao professor para reconhecer e identificar as mudanças dessas idéias prévias, bem como entender e planejar situações que promovam o desenvolvimento de idéias mais próximas da disseminada e aceitas atualmente pelo conhecimento científico.

Evidentemente não basta desenhar um modelo redondo de Terra na lousa para modificar uma ideia prévia percebida, como na Figura 3.1. De fato, isso pode gerar interpretações falsas pelo professor, como um possível sucesso ao apresentar um simples esquema.

Driver et al. (1989a e 1989b) identificam as características das ideias prévias das crianças. Primeiro, ideia prévia é pessoal. Cada pessoa tem uma visão de mundo que influencia sua interpretação de informações, leitura de texto, etc. Um texto lido por um aluno na cidade de Ribeirão Preto-SP a respeito do desperdício de água poderá ser interpretado de uma forma totalmente diferente se comparado a um aluno que mora na cidade cearense de Catarina. Como a interpretação depende de experiências vividas no cotidiano, distintos locais podem gerar interpretações diferentes (DRIVER et al., 1989a).

Segundo, ideia prévia pode parecer incoerente, mas não para a realidade e a vivência de uma criança (DRIVER et al., 1989a). Para ela um fenômeno pode ter diversas explicações possíveis, contanto que essa ideia consiga satisfazer a necessidade de determinadas respostas. Não há um modelo único generalizado de explicações dos fenômenos para crianças de determinadas idades, elas admitem interpretações diferentes, independentes e restritas que funcionam na prática.

Terceiro, ideias prévias são estáveis, pois tendem a persistir apesar das tentativas do professor em combatê-las por meio de informações que as refutem. As crianças ignoram as provas contrárias a sua ideia prévia ou reinterpretam as provas para que fiquem de acordo com o seu pensamento anterior (DRIVER et al., 1989a). Ogborn (2006) argumenta que as ideias do senso comum muitas vezes respondem melhor às necessidades das pessoas de entender o mundo, de outro lado, o conhecimento científico é abstrato e não satisfaz ambições cognitivas de certas pessoas.

Quarto, ideias prévias são dirigidas pela percepção visual. Crianças supõem que sal desaparece quando é dissolvido em um copo de água (DRIVER et al., 1989b).

Essas características das ideias que os alunos trazem para o ambiente escolar são fundamentais no processo de aprendizagem. Percebe-se a importância dessas ideias no aprendizado das crianças. Isso demonstra que os alunos não vão à escola com suas mentes livres e totalmente abertas. Esses alunos não são tábuas rasas prontas para absorver o conhecimento passado pelo professor, como se imaginava antigamente.

Há um processo demorado e difícil que envolve mudança nas crianças em conhecer e entender o mundo onde vivemos. Como exemplificado por Nardi e Carvalho (1996) e Nussbaum (1985) e apoiado pelos trabalhos de Driver, acima citados, não se pode esperar que o aluno aprenda uma informação científica de forma rápida e eficaz. Explicitamente, fica claro nesses trabalhos que há um processo a ser desenvolvido em etapas que podem não depender exclusivamente da atuação do professor, mas de variáveis como a idade.

Conhecendo a forma como pensa seu aluno em determinado tema, o professor poderá tecer estratégias eficientes para que ele incorpore parte do conhecimento científico e, evidentemente, possa promover a substituição das idéias prévias em seus alunos. Afirmamos que concomitantemente deverão ser consideradas as dificuldades inerentes ao tema. No caso do reservatório subterrâneo do ciclo da água, há obstáculos cognitivos devido à sua natureza oculta. Pela presença dessa variável, considerada central mas não única nesse trabalho, existe uma necessidade latente no reconhecimento e, posterior, pleno entendimento pelas pessoas envolvidas nessa área de ensino.

3.2 - O Ensino do Ciclo da Água

O ciclo da água desenvolve ideias sobre processos e dinâmicas cuja importância é ambiental e cognitiva. Compreender os caminhos da água traz implicações ambientais, sociais e geopolíticas, mas, além disso, inclui raciocínios de trocas e fluxos o que envolve pensamento matemático inter-relacionado a várias áreas tratadas pelas ciências naturais. Amaral (1996) expõe argumentos adicionais e reforça o caráter sistêmico e as implicações sociais do ciclo da água.

O reconhecimento da importância do ciclo da água conduziu a inúmeras pesquisas sobre seu ensino e aprendizagem. Bar (1989) tratou de fenômenos atmosféricos. Shepardson et al. (2005) e Shepardson et al. (2007) estudaram bacias hidrográficas e outros aspectos. Nos limites desta Dissertação não almejamos levantar a vasta literatura sobre problemas cognitivos do ciclo da água, mas focalizar os problemas relativos ao reservatório subterrâneo e as noções que

consideramos cruciais a respeito da natureza da matéria e da circulação da água em meios porosos. Isso vincula este estudo aos conceitos de rocha, porosidade e permeabilidade.

Adotou-se algumas perspectivas pedagógica de como tratar o ciclo da água. Um problema educacional moveram esta pesquisa: Bach e Brusi (1988) revelam que o ciclo da água é tratado em diversos níveis de ensino, apesar disso, nem sempre os alunos conseguem entender essa dinâmica no cotidiano. Sobretudo não há compreensão do reservatório subterrâneo. Os dois autores apresentam as perguntas que os alunos encontram maior dificuldade: “Porque surge a água em uma fonte ou manancial?”; ou “Onde se armazena a água quando regamos um vaso?”.

Através destas questões, podemos circular certas questões importantes para o tratamento do tema: os alunos, apesar dos esforços dos professores, apresentam dificuldade em entender o que acontece com a água no interior da Terra. Seguindo este dado, uma forma utilizada pelos professores participantes do *Grupo De Estudos De Formação Continuada De Professores - Ciências do Sistema Terra*, cuja parte dos trabalhos se encontram referenciados no Capítulo 1, é utilizar os dados locais como auxílio para o melhor entendimento do processo.

Sicca e Gonçalves (2008) argumentam que inovações curriculares devem ser promovidas a partir do local para ajudar os alunos a construir entendimento global de processos empíricos. Revelam que a bacia hidrográfica não é apenas unidade de análise ambiental, mas serve como tema para construir currículos.

Torres et al. (2008) argumentam que há tendências perceptíveis na Educação ambiental, no Ensino de Ciências e nas políticas curriculares para tratar das dimensões local e global. Defendem que essas dimensões podem articular espaço, tempo, conhecimento e problema. Dessa maneira, vincula-se pedagogicamente o imediato ao mediato, ou seja, a contradição social do meio imediato e do senso comum contribui para formular o conhecimento sistematizado.

Compiani (2007) indica que a atenção para o local põe o foco no particular e ajuda a contextualizar, bem como, gerar maior entendimento do objeto e dos processos que o moldaram. Defende, ainda, o ensino a partir do local, tomado como lugar, capaz de operar com dimensões horizontais e verticais que são estabelecidas a partir de comparações que conduzem ao questionamento de explicações rasteiras e banais.

Diversas pesquisas admitem que o ensino do ciclo da água apresenta especificidades oriundas da natureza do objeto a ser estudado, em especial no que tange ao reservatório subterrâneo. A dimensão espacial ou escala dos reservatórios (dimensões subterrâneas, transferência de água dos oceanos para os continentes, etc.), a parcela dos caminhos da água que não podem ser diretamente observados (circulação subterrânea ou no interior de seres vivos) acham-se entre os fatores principais que marca a natureza do ciclo da água e implicam tratamento metodológico diferenciado de seu estudo.

Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a) identificam o subciclo subterrâneo como essencial para construir relações sistêmicas e integradas do ciclo da água.

Portanto, o processo de infiltração na interface geosfera-atmosfera é de vital importância para a construção de uma visão integrada do ciclo da água. Ao mesmo tempo, o entendimento dessa parte do ciclo da água apresenta dificuldades intrínsecas: sua natureza oculta, isto é, não diretamente observável.

3.2.1 - Dificuldades no entendimento do Ciclo da Água

A ideia de movimento da água na natureza é muito antiga, presente inclusive em passagens bíblicas. Os gregos buscaram explicações acerca do reservatório subterrâneo. Cogitaram que as precipitações seriam insuficientes para manter a quantidade de água de uma fonte, acreditavam que existia circulação subterrânea de água do mar até as partes continentais onde se localizavam as nascentes (BACH; BRUSI, 1988).

Atualmente possuímos uma concepção científica (universal) da circulação de água pela natureza, que coexiste com outros tipos de explicação. Há uma persistência de ideias prévias sobretudo quanto ao reservatório subterrâneo (BACH; BRUSI, 1988; BEM-ZVI-ASSARF; ORION, 2005a, 2005b; DICKERSON et al., 2005, 2006). Ideias acientíficas como “*água subterrânea existe abaixo das rochas*”⁹, “*não há água nas rochas*”, “*a água subterrânea fica em grandes espaços*” são utilizadas para explicar fenômenos relacionados ao ciclo da água e,

⁹ As falas foram retiradas de Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b) como forma de exemplificar as ideias prévias que os alunos apresentam do reservatório subterrâneo.

dependendo das estratégias de ensino utilizadas pelos professores, pouco ou nada será mudado nessa forma de pensar.

Fatores tais como falta de conhecimento científico de uma parcela dos professores acerca do reservatório subterrâneo e a falta de ênfase dada durante a educação básica acabam se tornando obstáculos da aprendizagem (DICKERSON et al., 2006). Dificuldades adicionais são produzidas pelos conceitos errados veiculados por livros didáticos, conforme trabalhos citados no Capítulo 2. Professores com formação insuficiente de Ciências da Terra interiorizam esse tipo de conhecimento equivocado e o repassam para seus alunos, sem ao menos perceberem essa reprodução.

Dickerson et al. (2006) assinalam que poucas pesquisas de ensino do ciclo da água dedicam-se aos problemas cognitivos da aprendizagem do subciclo subterrâneo. Dickerson e Callahan (2006) acreditam que a formação superficial dos profissionais da educação explica a falta de estudos de ideias prévias sobre o reservatório subterrâneo.

Ribeiro et al. (2007) apresentam indicadores construídos a partir de inovação curricular interdisciplinar realizada em escola pública de Campinas (SP) com 60 alunos de 11 anos de idade:

- i) Visão do subciclo atmosférico;
- ii) Identificação de redes de drenagem, microbacias e movimentação de águas superficiais na malha urbana;
- iii) Identificação de águas subterrâneas tomadas como corpos contínuos e confundidos com corpos superficiais (lagos, represas, rios etc.);
- iv) Uso de terminologia e linguagem técnica relativa às águas subterrâneas (porosidade, permeabilidade, capilaridade);
- v) Entendimento da magnitude relativa dos reservatórios do ciclo da água (oceano, geleira, aquífero, águas superficiais, água na atmosfera, água na biosfera);

- vi) Entendimento das escalas espaciais envolvidas no ciclo da água e a transferência realizada pela atmosfera dos oceanos para os continentes;
- vii) Visão de taxas e fluxos entre os reservatórios do ciclo da água;
- viii) Identificação da água presente nos seres vivos;
- ix) Entendimento das reações químicas envolvidas no ciclo da água (origem da salinidade dos oceanos, dissoluções operadas na interface hidrosfera e geosfera).

Nesta pesquisa enfatizamos os indicadores iii e iv. O primeiro nos mostra a importância de se conhecer a variedade de reservatórios subterrâneos: água armazenada em poros, em fissuras ou em rochas solúveis. O segundo, por sua vez, possui caráter genérico, podendo servir para outros temas, mas de vital importância tanto para criar no aluno um vínculo com termos ligados ao conhecimento científico como para que o professor consiga identificar corretamente o pensamento do aluno pela sua fala.

Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a) enfatizam e enumeram oito habilidades cognitivas importantes para conduzir o aluno a formar uma noção sistêmica do ciclo da água:

- i) Habilidade para identificar componentes do sistema e seus processos;
- ii) Habilidade para identificar relações de quantidade entre os componentes do sistema;
- iii) Habilidade para organizar os componentes e processos do sistema dentro de um quadro de relações teóricas;
- iv) Habilidade para fazer generalizações;
- v) Habilidade para identificar relações dinâmicas dentro de um sistema;
- vi) Entendimento das dimensões não visíveis dos sistemas;
- vii) Habilidade para entender a natureza cíclica dos sistemas;
- viii) Capacidade de pensar temporalmente.

Assinalamos a habilidade vi por sua importância e nexos com o reservatório subterrâneo, e que será percebido como um obstáculo que favorece o florescimento de determinadas idéias prévias, dificultando o desenvolvimento de modelos mais complexos e reais.

Os autores Sibley et al. (2007) utilizaram essa gama de habilidades cognitivas ao investigar alunos universitários sobre suas habilidades relativas a ciclos da natureza, envolveram água, carbono e rochas. Revelaram que a maior barreira enfrentada pelos alunos se refere a entender aspectos não visíveis dos sistemas, bem como as mudanças de estado.

Podemos inserir uma pequena inferência nessa altura do texto de acordo com as pesquisas apresentadas. Mesmo alunos matriculados no Ensino Superior podem, na maioria dos casos, não apresentar um entendimento considerado totalmente (se é que pode-se utilizar esse termo) correto pela Ciência. Isso demonstra situações semelhantes às citadas no item anterior desse Capítulo 3 (item 3.1), onde tentamos exemplificar o desenvolvimento escalonado da idéia científica. Dessa forma, considerando as pertinentes informações da literatura científica apresentadas, não devemos esperar que alunos de ensino fundamental compreendam a totalidade dos fenômenos que envolvem o reservatório de água subterrâneo após uma aula ou uma série de atividades. Incluo as que foram desenvolvidas por mim e que serão mais bem detalhadas no Capítulo 4.

As considerações de Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a) assinalam procedimentos e raciocínios, por outro lado, os indicadores de Ribeiro et al. (2007) combinam conhecimento de conceitos e processos a habilidades cognitivas. Embora os dois conjuntos não sejam plenamente intercambiáveis, eles não são mutuamente excludentes, ou seja, podem servir de referenciais para organizar inovações curriculares, avaliar aprendizagem, bem como avaliar o tratamento dado ao ciclo da água em livros de texto. O que parece ser essencial ter como meta é ajudar os alunos a desenvolverem uma concepção sistêmica e, portanto, não-fragmentada da dinâmica natural e suas inter-relações com a sociedade.

Seguindo as habilidades cognitivas (BEN-ZVI-ASSARF; ORION, 2005a) e os indicadores teóricos (RIBEIRO et al., 2007) percebe-se que, em relação ao reservatório subterrâneo, o grande obstáculo para seu entendimento deriva da impossibilidade de uma observação direta dos fenômenos que ocorrem em seu interior (DICKERSON et al. 2005; 2006). Isso acaba gerando maior tendência ao desenvolvimento de ideias baseadas no senso comum.

Outro estudo que revela o entendimento dos alunos acerca do ciclo da água realizado por Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b), nos revela algumas estruturas alternativas identificadas por meio de questionários, atividades e entrevistas:

- *Estrutura alternativa derivada do modo de ensinar*: aluno revela pouca interligação entre os diversos reservatórios de água e considera o reservatório subterrâneo como algo de natureza estática evidenciando a dificuldade em entender a natureza cíclica, bem como a visualização de um reservatório onde é impossível uma observação direta;
- *Estrutura alternativa cognitiva*: revela dificuldade dos alunos de representar o ciclo da água, é um problema relacionado à pouca maturidade dos alunos;
- *Estrutura alternativa derivada do contexto do ensino*: os autores relatam a dificuldade dos alunos para aplicar conceitos e explicações aprendidos na escola ao contexto do seu dia-a-dia.

Esses problemas de ensino-aprendizagem estão ligados à transposição didática entre conhecimento científico e conhecimento escolar e à natureza do reservatório subterrâneo. Essas dificuldades apresentadas acabam por gerar ideias prévias baseadas no conhecimento cotidiano das pessoas, pois com as impossibilidades de um tratamento correto na sala de aula e de observação direta as pessoas acabam buscando no dia-a-dia analogias que façam compreender os fenômenos relacionados ao tema (BAR, 1989).

Dickerson e Dawkins (2004) assinalaram o problema do uso da terminologia. Muitas vezes alunos usam alguns termos científicos do ciclo da água, mas não os compreendem, p.ex.: infiltração e porosidade. Durante discussões na sala de aula, alunos que corretamente usaram frases e conceitos na atividade demonstraram uma aprendizagem inapropriada, da mesma forma que houve alunos cuja terminologia estava errada na atividade apresentaram aprendizagem mais adequada. Outro estudo de Dickerson et al. (2005) explorou a terminologia e as ideias de escala dos alunos e concluíram que o termo poro podia estar associado a lagos e piscinas subterrâneas ou a escalas da dimensão de casas, carros ou bolas de basquete. Por outro lado, o uso dos mesmos termos (lagos e piscinas subterrâneas) podem estar vinculados a espaços microscópicos.

Essas terminologias incorretas ou mal utilizadas são dificuldades adicionais ao Ensino de Ciências. Ao lidar com determinadas afirmações dos alunos, o professor pode se confundir e interpretar incorretamente a aprendizagem de seus alunos. Isso pode gerar a permanência de ideias prévias que os alunos carregam consigo. Dickerson et al. (2006) alertam os professores para examinarem com cautela as respostas dos alunos, uma vez que ao tratar de alunos com pouca maturidade em relação ao tema, tendem a utilizar termos que fazem parte de seu vocabulário.

Dickerson et al. (2006) apresentam quatro problemas que causam falta de conhecimento apropriado a respeito do reservatório subterrâneo: i) a falta de ênfase nos currículos; ii) a necessidade de aumento na atenção para a habilidade cognitiva espacial dos alunos; iii) a formação inadequada para professores de Ciências em relação à água subterrânea; e iv) a dificuldade em conceber avaliações apropriadas. Esses problemas extrapolam a relação de ensino entre professor e aluno para englobarem problemas estruturais que estariam envolvidos nas dificuldades pessoais apresentadas por professores envolvidos no processo. Os autores sugerem, ainda, que atividades de ensino devem superar esses problemas para que se atinja um ensino que melhore o entendimento do reservatório de água subterrânea.

Se isso não ocorrer, o conhecimento escolar será considerado apenas dentro da escola, mas fora dela o funcionamento de determinados processos serão guiados pelas ideias que os alunos já tinham anteriormente.

Taiwo et al. (1999) examinaram ideias prévias do ciclo da água de estudantes de Botswana na África. Revelam que a pré-concepção identificada pode ser classificada em três categorias: respostas cientificamente corretas; respostas pseudocientíficas; e respostas baseadas no conhecimento popular. Observaram que o conhecimento popular estava ligado a explicações sobrenaturais nas quais o principal ator é Deus ou outro ser místico que comanda os fenômenos climáticos.

Shepardson et al. (2005) estudam o entendimento dos alunos do conceito de bacia hidrográfica. Na língua inglesa bacia hidrográfica significa em tradução literal “abrigo de água” (*watershed*), e por esse motivo alunos de menores idades (6º e 7º nível) relacionaram o termo com construções humanas como caixas d’água, ou estações de tratamento. Já os alunos

investigados com idades maiores (7º, 8º e 9º nível) contextualizaram o termo e representaram, em sua maioria, como uma área confinada por montanhas ou limitada por áreas de maiores altitudes, muito comum em livros e revistas. Fatores importantes como a circulação de matéria (sedimentos e poluição) são desconsiderados, mostrando que uma visão baseada no senso comum persiste ao longo do tempo e que a educação pouco contribui para essa mudança. Ao final do estudo, os autores sugerem utilizar essas pré-concepções como ponto de partida para a mudança de visão dos alunos.

Todo esse conhecimento deve ser levado em consideração em atividades que tem como objetivo ensinar uma concepção cientificamente correta. Inspirada pela dinâmica do professor pesquisador (MOREIRA, 1988), Sugahara (2001) explicita uma atividade didática cujo objetivo era ensinar o processo de infiltração da água no solo. A atividade realizada com alunos da série inicial do EFII em uma escola estadual de Campinas (SP) se iniciou com um levantamento das ideias prévias dos alunos para então ser estruturada a atividade que foi desenvolvida por meio de discussões e experimentações. As experimentações no caso foram úteis para que os alunos construíssem seus entendimentos acerca de porosidade e permeabilidade de diferentes materiais utilizados, como areia grossa e areia fina.

Esses estudos mostram considerações de suma importância em atividade relacionada ao reservatório subterrâneo do ciclo da água: a dificuldade em abstrair pensamentos para entender fenômenos não visíveis; uso incorreto de terminologias dificultando o diagnóstico da aprendizagem; e o embate entre o conhecimento cotidiano e as noções científicas.

4 - Procedimentos

Nesse capítulo, abordaremos as atividades desenvolvidas em sala de aula. Mas não apenas a aula 3, foco da pesquisa, mas nos permitimos de perfazer uma breve explicação de todo o processo realizado com os alunos na sala de aula. De forma a apresentar um ponto de partida que poderá humildemente auxiliar práticas docentes alternativas ao contexto apresentado no livro didático.

A seguir, serão elencados os procedimentos para determinar a amostra e a coleta de dados analisados nos capítulos seguintes. Por último, o capítulo apresenta metodologia e bases teóricas utilizadas.

4.1. - Atividades

No segundo semestre letivo de 2008, uma sequência de aulas sobre ciclo da água foi ministradas em uma escola estadual no interior paulista. Ao todo foram seis aulas para o sexto ano do ensino fundamental com 38 alunos de idades entre 11 e 12 anos.

Diferentemente das atividades citadas no Capítulo 1 referentes aos anos anteriores (2006 e 2007), as aulas em 2008 não tinham o objetivo de estudar o ciclo da água completo, mas apenas o reservatório subterrâneo. Dessa maneira, as atividades propiciaram dados mais específicos referentes ao entendimento dos alunos sobre o reservatório subterrâneo e à construção do conhecimento ao longo das discussões.

Para realizar as atividades, foi necessário um acordo entre professores, Direção e Coordenação da escola. Tal necessidade se deu pela natureza da distribuição das aulas entre os

professores de diferentes áreas, pois algumas disciplinas possuem mais aulas semanais e outras menos. Adotou-se que haveria a necessidade de que cada aula fosse realizada em apenas um dia, abrangendo 3 a 5 horas/aula (50 min. cada aula) seguidas dependendo das atividades propostas. Seria impossível executar a proposta com apenas 3 aulas semanais não sequenciais, como é o caso da minha disciplina: Geografia.

Fez-se uma mudança da rotina escolar. Os professores da turma cederam aulas ou grupos de alunos para possibilitar a realização das atividades de pesquisa. Nas aulas em que foi necessário dividir o grupo de alunos ao meio, os professores daquele horário ficavam com a outra metade dos estudantes – em posterior momento, a situação se invertia. Portanto, para realizar três aulas, a classe foi dividida em duas turmas A e B, ou seja, três entre as seis atividades foram repetidas.

Essa necessidade em dividir classe se configurou nas aulas onde os alunos manipularam materiais e/ou fizeram experimentos e foi adotada na pesquisa por dois motivos simples. Primeiro, a falta de espaço e material suficiente para todos os alunos e, segundo, uma melhor interação durante nas discussões com um número menor de alunos.

No total foram necessárias nove semanas para a realização de todas as aulas. Devido à disponibilidade de tempo do professor aplicador, as aulas foram realizadas em apenas dois dias da semana, quinta-feira e sexta-feira.

Entendendo a importância sócio-ambiental de estudar o ciclo da água, vale ressaltar também a metodologia empregada para o seu tratamento. Vilches et al. (2007) apresentam um planejamento a ser utilizado em atividades com alunos sugerindo inúmeras aspectos que devem ser considerados: i) a discussão do possível interesse e da relevância dos temas a serem estudados; ii) o estudo qualitativo das situações de aprendizagem; iii) a formulação de hipóteses; iv) a definição e a implementação de estratégias de resolução; v) a análise e comunicação dos resultados; vi) as sínteses e a possibilidade de outras perspectivas. Vale ressaltar também a importância da elaboração de uma atividade de síntese.

Esses aspectos estão presentes em todo o processo envolvendo o conjunto de aulas da sequência didática. Mas estarão mais concentrados nas aulas que envolveram experimentações

Dickerson et al. (2005) também defendem a importância de um tratamento diferenciado para se estudar o reservatório subterrâneo, utilizando: i) aulas de campo; ii) atividades com manipulação de amostras; iii) experimentos; iv) modelos tridimensionais; v) fórmulas matemáticas; vi) imagens bidimensionais; e vii) animações. Essas estratégias e os textos possibilitam aprendizagem significativa estimulando uma mudança conceitual nos alunos. Mas especificamente em relação à manipulação de amostras, Dickerson et al. (2006) orientam o seu uso para o entendimento da água subterrânea, pois por meio delas o aluno consegue observar, experimentar e tocar os materiais que formam aquíferos e aquíferos. Os autores ainda citam que essa estratégia fornece aos alunos dados empíricos de observações e sensações tácteis.

Outros autores que colocam o uso de amostras de rocha para o ensino do ciclo da água são Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a) argumentando que experiências concretas com esses materiais são alcançadas por meio de manipulações, porém afirmam que durante a realização de sua pesquisa nenhuma atividade dessa natureza foi observada nas escolas, mostrando ser muito incomum o uso dessa estratégia.

Bach e Brusi (1988) relatam que a falta de materiais e a exclusiva metodologia descritiva adotada pelos professores não permitem uma boa visualização e entendimento do ciclo da água, sobretudo dos processos de infiltração e evapotranspiração. Como saída para esse problema, os autores sugerem a construção de um lisímetro simples para estudar esses fenômenos, onde se pode observar a passagem da água por materiais terrestres até chegar a reservatórios onde é possível quantificar esse processo. Esse tipo de experimentação fornece subsídios para a construção de uma ideia mais completa.

Outra forma de mostrar a necessidade e a importância dessa abordagem, ao ensinar o reservatório subterrâneo, se encontra no trabalho de Hannoun (1977), que relata o choque que pode ocorrer entre o aluno e o meio em que ele vive. Através desse choque, o aluno pode seguir dois caminhos, o primeiro é aceitar e se submeter às forças da natureza e da sociedade. Já o segundo caminho é aquele em que o menino, através de conhecimento e de uma visão crítica, consegue entender as forças da natureza para conseguir dominá-la. Para se chegar a essa conquista, o menino deve estar em contato com o mundo real, pois o conhecimento livresco e baseado nas palavras possui significado apenas para os adultos, uma vez que apenas no mundo dos adultos as palavras podem substituir as coisas.

Fica claro que a utilização de métodos diferenciados pelos professores auxilia os alunos a obterem informações relevantes acerca dos fenômenos relacionados com o ciclo da água, que serão usadas para contestar muitas das idéias prévias que interferem negativamente na construção de idéias científicas.

Mas apenas a utilização de amostras nas aulas pode parecer um pouco vago, sem uma consistente reflexão acerca dos fenômenos observados. Nesse sentido, este trabalho baseou-se também na metodologia empregada pelo LAPEF - USP (Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Universidade de São Paulo). Os trabalhos desse grupo de pesquisadores, buscam estudar a argumentação de alunos ao realizarem experimentações em sala de aula. Essas argumentações são importantes para o processo de enculturação¹⁰, em que os alunos entram em contato com uma das facetas da Ciência que é a construção social do conhecimento.

Capecchi e Carvalho (2000) mostram como construir uma visão de Ciência mais apropriada nas escolas. Relatam como o conhecimento construído é socializado e avaliado pelos próprios alunos por meio de discussão de ideias divergentes ou convergentes. Concluem que é necessário estimular a argumentação dos alunos e que a pesquisa pode flagrar essa interação.

As aulas foram montadas seguindo um padrão que buscasse utilizar métodos pouco textuais, mas fundamentados em experimentos e na manipulação de diferentes materiais.

4.1.1. – Aulas

Ao todo foram seis atividades desenvolvidas para o estudo do reservatório subterrâneo:

1. Visão geral do ciclo da água;
2. Estudo do ciclo da água em ambiente natural;
3. Estudo de tipos de rochas e os comportamentos em relação à água;
4. Estudo da porosidade;

¹⁰ Esse termo se refere ao processo de ensino e aprendizagem que busca a apropriação da cultura científica. (VILLANI; NASCIMENTO, 2003)

5. Estudo da porosidade e permeabilidade;
6. Visualização de um vídeo explicativo sobre cavernas (O Planeta Terra – BBC).

A tabela abaixo (Tabela 4.1) mostra como a distribuição das aulas ao longo das nove semanas de aplicação e com as suas referidas turmas participantes.

Tabela 4.1 - Distribuição das Aulas / Atividades realizadas com as duas turmas de alunos (A e B) ao longo das 9 semanas de duração.

Semana	Turma	Aula / Atividade
1	A e B	Visão geral do ciclo da água
2	A e B	Estudo do ciclo da água em ambiente natural
3	A	Estudo de tipos de rochas e os comportamentos em relação à água
4	B	Estudo de tipos de rochas e os comportamentos em relação à água
5	A	Estudo da porosidade
6	B	Estudo da porosidade
7	A	Estudo da porosidade e permeabilidade
8	B	Estudo da porosidade e permeabilidade
9	A e B	Visualização de um vídeo explicativo sobre cavernas (O Planeta Terra – BBC)

Os objetivos das aulas foram: estudar o ciclo da água a partir de sua interação com os outros reservatórios do ciclo; e compreender conceitos de porosidade e permeabilidade a partir de atividades práticas.

Para se atingir os objetivos, algumas estratégias foram fundamentais. O ciclo da água foi inicialmente apresentado de forma global e integrada por meio de um esquema para que os alunos tivessem uma noção de conjunto antes de analisar apenas um reservatório (aulas 1 e 2). Outra

estratégia importante foi utilizar materiais terrestres (amostras de rochas, cascalho e areia) para entenderem o reservatório subterrâneo (aulas 3, 4 e 5). Dessa forma, pretendia-se conduzir os alunos a entender os processos examinados.

Em todas as aulas foram realizadas discussões em grupo, para que os alunos apresentassem suas próprias explicações dos conhecimentos adquiridos nas atividades aos colegas e para o professor. Outra característica foi a elaboração, ao final de cada atividade, de um pequeno texto explicativo ilustrado com desenhos no qual cada aluno explicou o que foi entendido nas discussões como uma conclusão da aula. Portanto, foi seguida a sequência: atividade – discussão – conclusão.

Na Aula 1, o ciclo da água foi apresentado aos alunos com todos os seus componentes (subciclos) e as inter-relações e câmbios entre cada componente do ciclo. A natureza da aula foi tipicamente expositiva com elaboração de um modelo do ciclo na lousa. Durante a construção do modelo, os alunos puderam participar respondendo perguntas elaboradas pelo professor.

A Aula 2 foi realizada fora da sala de aula em um gramado dentro da escola. Nessa aula, os alunos foram incitados a visualizarem algumas etapas do ciclo da água aprendido na aula anterior, mostrando na prática alguns fenômenos como evaporação e principalmente a infiltração da água no solo. Com um regador, o professor jogou água sobre o gramado e sobre uma superfície impermeável para iniciar uma discussão sobre qual é o comportamento da água em diferentes superfícies.

Nas Aulas 3, 4 e 5, os alunos tiveram as atividades que relembram antigas aulas de Ciências realizadas nos laboratórios escolares. Chama atenção que foi fechado o laboratório na unidade escolar em que foi realizada a atividade e por esse motivo, tanto o local quanto o material utilizado foram improvisados.

As técnicas de ensino também foram muito diferente das usualmente realizadas na escola, predominantemente expositiva, pois o mais importante foi a experimentação feita por alunos e sua discussão mediada pelo professor. Nessas três aulas os alunos foram dispostos em grupos de no máximo 5 pessoas.

As experimentações foram retiradas e modificadas de algumas atividades propostas no livro *Investigando a Terra* (ESCP, 1973) cujo manual do professor explica o que e o como realizar atividades de manipulação relativas ao ciclo da água, problemas que podem ocorrer e como proceder perante algumas situações durante a execução.

O objeto de pesquisa aqui exposto foi construído a partir da Aula 3. Esta decisão acha-se fundamentada na literatura que discute o papel da manipulação de amostras de rochas e minerais no ensino básico.

Orion e Kali (2005) assinalam que fazer inferências a partir de observações, mais do que operar com experimentos, é uma tarefa importante para o Ensino de Ciências, trata-se de um campo favorável para tratar as operações mentais de: observação, conclusão e formulação de hipóteses. Finalmente, completam: manipular amostras de rochas, discutir processos cíclicos pode conduzir alunos a entender aspectos cruciais da investigação científica.

Como essas propostas foram perseguidas por esta pesquisa? Os alunos foram postos em contato com cinco diferentes amostras de rochas (basalto, arenito silicificado, granito rosa, arenito poroso e granito verde) e desenvolveram suas próprias ideias à medida que manipularam o material. Para descrever e relatar o que os estudantes fizeram, as amostras foram numeradas de forma aleatória conforme a Tabela 4.2.

<i>Tabela 4.2 – Relação entre tipo de rocha e número da amostra correspondente (Aula 3).</i>	
<i>Tipo de Rocha</i>	<i>Número Correspondente</i>
<i>Basalto</i>	<i>1</i>
<i>Arenito Silicificado</i>	<i>2</i>
<i>Granito Rosa</i>	<i>3</i>
<i>Arenito Botucatu</i>	<i>4</i>
<i>Granito Verde</i>	<i>5</i>

Os alunos observaram, manusearam, anotaram as características e compararam os diferentes tipos de rochas. Para o desenvolvimento da aula, os alunos contaram com o auxílio de lupas (aumento de 10x e 20x) e água.

A água era utilizada para indicar como cada amostra de rocha se comporta em contato com esse líquido, criando problemas para os alunos tentarem explicar. Os fenômenos observados visavam compreender como uma rocha pode armazenar água em seu interior e como essa água se acumula dentro da rocha. Todas as atividades foram mediadas pelo professor.

Na Aula 4, os alunos receberam um recipiente com cascalho, uma seringa e água. Nessa aula, o importante foi o conhecimento da porosidade das rochas permeáveis, em especial do arenito Botucatu que é a principal rocha armazenadora de água do Aquífero Guarani. Jogando água no recipiente, os alunos visualizaram como a água é armazenada dentro das rochas, observando também o nível freático e a diferença entre zona saturada e zona insaturada.

Com o auxílio de uma seringa, foi pedido que se retirasse certa quantidade de água do material. Essa ação pretendia mostrar o funcionamento de um poço e a retirada de água do subsolo. Isso foi importante para os alunos desenvolverem uma visão de ciclo, pois perceberam que o nível freático (ou nível da água subterrânea) baixava no modelo com a retirada da água pela seringa e, se não houvesse reposição, o reservatório poderia “secar”.

Na Aula 5, além de observarem a porosidade os alunos estudaram a permeabilidade dos materiais. Foi realizado um experimento mostrando a diferença de três materiais com granulações distintas: cascalho; areia grossa e areia fina. Esses materiais foram postos cada um dentro de uma garrafa PET de 2 litros, mas ocupavam volume de apenas 1 litro. Essa garrafa era cortada no fundo, portanto a sua disposição correta para a experiência era de ponta cabeça e em sua “boca” foi utilizada uma rolha para vedar o fundo.

Com o auxílio de um improvisado suporte para coador de café, a garrafa ficou suspensa e os alunos despejavam água no material. A quantidade de água era medida e os alunos paravam quando o material ficava totalmente saturado. Com esse procedimento, os alunos calculavam a porosidade dos materiais, ou seja, o volume de poros em relação ao volume do material.

Após o material ficar saturado de água, a rolha era retirada e o tempo de escoamento era cronometrado para mostrar as diferenças de velocidade da água que cada material apresentava. Com todos os dados anotados, durante a discussão os alunos eram motivados a explicarem as semelhanças e diferenças observadas.

Na última intervenção didática (aula 6), os alunos assistiram parte de um filme que mostrava um relevo cárstico com um tipo de porosidade diferente da observada nas aulas anteriores. Enquanto a porosidade mostrada através dos cascalhos e arenitos é chamada de intergranular, o filme “O Planeta Terra” da BBC mostrava um tipo de porosidade especial conhecida como porosidade carstica (KARMANN, 2000). Nesse filme, os alunos observaram cavernas onde a água corria como verdadeiros rios subterrâneos.

Esse confronto foi importante para mostrar as diferenças de porosidade que existem e levar o aluno a mediá-lo através de explicações baseadas nas experiências vividas nas atividades.

4.2. - Amostra

O grupo de alunos que participou do experimento foi um 6º ano do ensino fundamental ciclo II do período da tarde, que contava com 36 alunos assíduos. Desses 36, em determinadas aulas (3, 4 e 5), o grupo foi dividido pela metade para facilitar o desenvolvimento e o aproveitamento das atividades.

Para as discussões que serão apresentadas mais adiante, foram utilizados os dados obtidos na Aula 3 com a Turma A, constituída por 18 alunos com idades entre 10 e 11 anos. Desses alunos, 10 eram meninas e 8 meninos.

4.3. – Coleta de Dados

Os dados foram coletados em uma escola estadual do município de Ribeirão Preto durante o segundo semestre letivo de 2008, mais especificamente no mês de outubro. Por meio de gravador, foram registrados 133 minutos de discussões entre alunos e entre alunos e professor. Os dados obtidos a partir de gravações em áudio na Aula 3 (Estudo de tipos de rochas e os comportamentos em relação à água) foram aqui divididos em duas partes, conforme consta na Tabela 4.3.

	Técnica de Ensino	Duração (min)
Parte 1	Experimental	63
Parte 2	Discussão em Grupo	71

Além das gravações, foi realizada uma parte escrita ao final das discussões em que os alunos sintetizaram os conteúdos aprendidos durante a análise das amostras de rochas e das discussões em grupo. Nessa parte escrita, os alunos também realizaram desenhos para exemplificar melhor o entendimento que obtiveram na aula.

4.4. – Análise dos Dados

A pesquisa se preocupou com os processos envolvidos na construção de explicações, pelos alunos, relativas aos fenômenos observados na aula 3. Os dados foram analisados a partir

do reconhecimento das idéias prévias dos alunos que foram cruzados com estudos da literatura específica do Ensino de Ciências da Terra.

A análise dos dados seguiu uma sequência que pudesse utilizar a discussão dos alunos para determinar a forma como os alunos foram construindo explicações acerca dos fenômenos observados na aula analisada, preocupando-se com a influência do conhecimento cotidiano e as dificuldades específicas no entendimento da porosidade e da permeabilidade.

Os alunos ao construírem o conhecimento, foram gerando dados hipotéticos e empíricos para desenvolverem hipóteses a fim de explicarem os fenômenos naturais observados na experimentação. Essa análise possibilitou perceber nuances durante o processo de aprendizagem, no qual enfocamos a presença de ideias não científicas veiculadas no cotidiano dos alunos.

Na sequência da pesquisa essas informações nos serviram para elucidar os fatores externos (cotidiano) e cognitivos ligados ao entendimento do reservatório de água subterrâneo. Nessa etapa da pesquisa foram utilizadas as teorias respectivamente citadas nos itens 3.1 (Ensino de Ciências) e 3.2. (Ensino do Ciclo da Água). A primeira está ligada ao entendimento das características das ideias prévias dos alunos, com a preocupação de delimitar a influência que essas ideias geram perante os processos de aprendizagem. Como os alunos foram expostos ao processo de aprendizagem sem aulas formais prévias, é de se esperar que estes carreguem informações do cotidiano que serão usadas para explicar suas observações. Dessa forma, as contribuições de Driver et al. (1989a; 1989b; 1999) foram essenciais para realizar essa verificação.

Enquanto que a segunda foca-se nas dificuldades intrínsecas do ensino do reservatório subterrâneo do ciclo da água. Por meio das teorias contidas no item 3.2, foi possível verificar determinadas dificuldades comuns enfrentadas pelos alunos. Nesse capítulo, há uma forte preocupação em delimitar as dificuldades específicas ligadas à natureza oculta do reservatório subterrâneo.

As noções de porosidade e permeabilidade serão intensamente acompanhadas para se perceber os processos cognitivos que ocorrem frente a essas dificuldades. Nesse ponto, as duas linhas de pesquisa, apesar de distintas se interligam e complementam-se. Por meio das

dificuldades típicas da aprendizagem do reservatório subterrâneo, as explicações geradas tendem a seguir um caminho guiado pelo conhecimento que os alunos dispõem. Mas percebe-se que o contrário também é verdadeiro, uma vez que as ideias do senso comum tendem a criar determinados problemas cognitivos. Portanto, as dificuldades se relacionam diretamente com as ideias não científicas adquiridas pelos alunos no cotidiano extra-escolar.

5 – Resultados

Os resultados obtidos durante a realização da Aula 3, contidos nas gravações, foram aqui divididos em duas partes. A primeira parte contém as discussões realizadas pelo grupo formado por cinco alunos que foi selecionado pelo professor para ficar com o gravador. A segunda parte foi destinada à discussão geral entre todos os alunos e o professor com o objetivo de desvendar as idéias prévias que carregam para dentro do mundo escolar, e como essas idéias interferem na aquisição de conhecimento científico sobre o comportamento da água quando em contato com diferentes amostras de rochas.

5.1 - Experimento¹¹

A primeira parte dos resultados inclui o experimento que foi realizado pelos alunos descrito no Subtítulo 4.1.1., que consistiu na análise de tipos diferentes de rochas. Nesse trecho, é importante a observação que os alunos fizeram acerca de cada tipo de rocha, apontando suas características e argumentando entre si para coletivamente irem construindo seu conhecimento.

Nota-se um esforço coletivo para que as etapas, previamente instruídas pelo professor, fossem cumpridas da melhor forma possível, além de um entusiasmo incomum, que incentivou os alunos a participarem ativamente das discussões.

Os dados apresentados a seguir representam um grupo de 5 alunos, de um total de 4 grupos (18 alunos), que participaram dessa etapa da Aula 3. Esse grupo foi escolhido pelo professor por conter alunos que durante as aulas regulares apresentavam maior interesse pelas matérias, porém, a constituição do grupo ficou a cargo dos próprios alunos, sem intervenção do professor. O gravador ficou na mesa em que trabalhavam.

¹¹ Os nomes dos alunos foram substituídos por números, não havendo a distinção por gênero.

5.1.1 – Introdução e apresentação de materiais

1. *PROFESSOR – esses são os materiais que vocês receberam. Vocês vão então trabalhar em cima desses materiais.*
2. *Aluno 1¹² – a gente vai sentar em cima deles? (risos)*
3. *PROFESSOR – isso daí que vocês receberam. Quando o Professor fala, por favor, presta atenção! Isso que vocês receberam são tipos de rochas. Então, vocês vão ter que fazer algumas coisas, lógico, com isso daí. Então, o Professor trouxe aqui um papelzinho que vai ajudar vocês a guiar as atividades. Todos os grupos têm alguma coisa para anotar?*
4. *Alunos – não.*
5. *PROFESSOR – espera, espera. O Professor tem duas canetas e um lápis, vão utilizando aí. Enquanto vocês vão se organizando, o Professor vai procurar uma coisinha lá em cima. O Professor vai dar uma folha. O Professor quer que vocês coloquem o nome e escrevam nessa folha aqui. Se precisar, tem mais folha em branco. Olha, a primeira coisa, vamos acompanhar: qual vai ser o objetivo dessa tarefa?*
6. *Aluno 2 - o objetivo dessa atividade é descobrir as diferenças entre as rochas.*
7. *PROFESSOR – o objetivo dessa atividade é descobrir as diferenças que existem entre as diferentes amostras de rochas fornecidas pelo Professor. Então, vocês vão analisar esses tipos de rochas e vocês vão ver as diferenças. Ao final vocês vão reconhecer as diferenças. Olhem os procedimentos, ou seja, o que o grupo vai ter que fazer: primeiro, são os passos aqui, pegue as amostras do Professor e faça uma observação detalhada do material, sempre discutindo com seus colegas as características observadas. Para ajudar vocês nessa atividade. O Professor está falando, dá para vocês prestarem atenção! Para ajudar vocês nessa atividade, não esqueçam, cada rocha tem um número. Então, isso vai ajudar vocês a falar as características. Vocês não vão falar o nome da rocha, só marquem o número e falem as características de cada uma. Então, vão começando por aí, vão analisando, vão anotando as características: como elas são,*

¹² Apesar de terem participado dessa aula dezoito alunos, pode-se perceber que a numeração utilizada para distingui-los atinge apenas o número 11. Esse fato é decorrência da não participação oral de sete alunos durante as discussões e, portanto, não puderam ser identificados.

de que jeito elas são. Vão vendo aí que o Professor vai pegar o material que eu deixei lá em cima. Se precisar, o Professor tem duas lupas.

8. *Aluno 3 - que legal!*

9. *PROFESSOR – o Professor tem duas lupas aqui. As lupas servem para a gente ver o material aumentado. Gente, o Professor está falando! Então, vocês peguem o material, coloquem próximo ao olho e vocês vão regulando para poder ver como é o material. Eu tenho duas lupas aqui: uma, aumenta vinte vezes e a outra, aumenta dez vezes. Apesar de vinte vezes, lógico, aumentar melhor, mais, vocês vão mexer principalmente na de dez. Isso daqui vai passar entre os grupos, depois no grupo B, depois vai passando no outro grupo B. Tem duas. É mais ou menos assim, dois grupos. Vão vendo, depois vai passando. O Professor vai buscar um negócio que ele esqueceu. Vamos lá, vocês entenderam o que é para fazer?*

Nota-se que na linha 8 o Aluno 3 fica entusiasmado com a perspectiva de utilização de lupas. Como esse tipo de atividade nunca tinha sido realizado por eles, essa ferramenta de observação representou uma nova forma de enxergar as amostras de rochas, possibilitando ressaltar dimensões mais difíceis de enxergar a olho nu e permitindo que o aluno interpretasse de outro modo as rochas e o que pudesse nelas observar.

Deixados a vontade para realizar a análise das amostras, observa-se no início certa timidez e uma negociação para se determinar a melhor forma de operacionalizar e distribuir as funções de cada aluno do grupo. Só depois a tarefa, ensaiada de forma tênue durante a negociação, começa efetivamente a ser feita.

5.1.2 – Manipulação das amostras – características gerais

10. *Aluno¹³ _____ - quem vai escrever?*

11. *Aluno _____ - cadê a [amostra]¹⁴ um?*

12. *Aluno _____ - está aqui?*

¹³ A autoria de muitas falas não pôde ser identificada, devido principalmente ao barulho durante a experimentação.

¹⁴ Os colchetes nas falas foram utilizados para inserir informações importantes que não foram explicitadas pela oralidade, como gestos ou simplesmente ocultadas devido ao contexto das falas.

13. Aluno _____ - tem abertura, a [amostra] um.
14. Aluno _____ - quem sabe escrever em linha reta?
15. Aluno _____ - a [amostra] número um é grande.
16. Aluno _____ - por que tem que ser eu?
17. Aluno _____ - cada um faz uma.
18. Aluno _____ - ela tem abertura.
19. Aluno _____ - escreve aí.
20. Aluno _____ - eu não vou escrever, não.
21. Aluno _____ - coloca aí embaixo.
22. Aluno _____ - eu não quero escrever.
23. Aluno _____ - ah, não.
24. Aluno _____ - escreve aí.
25. Aluno _____ - cada uma vai escrever a sua e se reclamar vai levar um soco na cara.
26. Aluno 4 - o Professor pode abaixar a sua nota por isso.
27. Aluno _____ - então escreve agora.
28. Aluno _____ - espera aí, número um, amostra um.
29. Aluno _____ - ela [amostra 1] tem muita areia, como é que fala, esqueci.
30. Aluno _____ - buraco.
31. Aluno _____ - ela tem muitos buracos.
32. Aluno 4 - ela não é tão áspera.
33. Aluno _____ - não é áspera, essa daqui que é áspera.
34. Aluno _____ - espera ela anotar, gente.
35. Aluno _____ - essa daqui é a [amostra] dois?
36. Aluno _____ - não, é a que está com o Aluno 2.
37. Aluno 2 - ela tem buracos muito pequenos.
38. Aluno 4 - Aluno 2, fala mais devagar.
39. Aluno _____ - é preta, não é áspera e parece granito.
40. Aluno _____ - tem algumas manchas brancas.
41. Aluno _____ - é, tem algumas manchas meio branquicentas.
42. Aluno _____ - é mancha meio cinza, meio branca.

43. Aluno _____ - manchas?

44. Aluno _____ - cinzentas.

Os alunos iniciam, ainda de forma dispersa, a análise (linha 29). Percebe-se que se tem início também a interação entre os alunos que observam coletivamente as amostras.

Nas linhas 29, 31, 32 e 37, os alunos expõem dados empíricos à medida que observam a amostra número 1 (basalto). Inicialmente, ao socializarem esses dados, não ocorre ainda muita interação dos componentes do grupo, percebida nas linhas 39, 40, 41 e 42. Nessa sequência, os dados apresentados não são questionados sobre sua validade, sobretudo pelas possíveis divergências de visão de mundo que cada aluno carrega para dar sentido às suas observações.

45. Aluno 5 - terminou Aluno 6, aí eu já olho essa daqui [amostra 2].

46. Aluno 6 - é maior quantidade, gente, é bastante tem que pôr.

47. Aluno 2 - gente, ela [amostra 1] é formada por, eu nunca tinha visto essa daqui, é tipo um granito.

48. Aluno _____ - Professor, está bom assim ou tem que pôr mais?

49. PROFESSOR – tudo que vocês puderem escrever mais.

50. Aluno _____ - mais o quê?

51. PROFESSOR – o máximo que você explorar deles.

Nas linhas 48 e 49, os alunos ainda se sentem inseguros de suas anotações e recorrem ao professor, que os incentiva a continuarem as observações.

52. Aluno _____ - ela [amostra 1] é lisinha, você pôs que ela é lisinha?

53. Aluno _____ - não, é áspera.

54. Aluno _____ - ela não é lisinha, gente?

55. Aluno 4 - mas ela tem parte que é pontiaguda.

56. Aluno 2 - tem parte que é mais levantada. Ali é lisinha.

57. Aluno _____ - Aluno 4, você tem que olhar aqui.
58. Aluno _____ - faz assim: fecha o olho e deixa.
59. Aluno 6 - olha, eu vou pôr aqui que ela tem superfícies mais altas do que as outras.
60. Aluno _____ - Aluno 6, ela tem isso daqui, porque eu acho que ela foi cortada um pedaço que ela tinha.
61. Aluno 6 - ela rachou.
62. Aluno _____ - é, ela rachou.
63. Aluno 6 - então, só isso mesmo.
64. Aluno _____ - é só isso.
65. Aluno 6 - ela tem muitos buracos, não é áspera, é preta, parece um granito, também tem manchas cinzentas e é brilhante também.

Nos linhas 52 a 56, aparecem dados empíricos divergentes em relação à superfície da amostra de basalto (amostra 1). Alguns alunos a descrevem como lisa e outro aluno a vê como áspera.

Na linha 60, o aluno formula uma hipótese, que foi testada por meio de seu tato, para explicar o motivo da superfície da amostra 1. Nessa fala do aluno, sua afirmação se baseia naquilo que ele conhece e entende de mundo e, coletivamente, chega a uma concordância com seus colegas.

66. Aluno 5 - essa é a [amostra] dois? Anota aí: amostra número dois.
67. Aluno 5 - ela é bem áspera.
68. Aluno 2 - ela é brilhante.
69. Aluno 3 - não é brilhante.
70. Aluno 5 - é brilhante sim. É cristalizada, tem um monte de fios, de brilhantes. Ela também tem um monte de buraquinhos, Aluno 6. Buraquinhos bem pequenininhos.
71. Aluno 6 - cristalizada?
72. Aluno 5 - cristalizada e com buraquinhos pequenininhos.
73. Aluno 6 - espera aí. Ela é cristalizada.

74. *Aluno 2 - tem buracos minúsculos.*
75. *Aluno 5 - e parece que ela é formada por partículas pequenininhas de rochas. Dá uma olhada.*
76. *Aluno 2 – deixa eu ver.*
77. *Aluno 5 - não parece que ela é formada por um monte de rochas?*
78. *Aluno 4 - ela é meio brilhante.*
79. *Aluno 2 - ela é formada por partículas pequenininhas de rochas.*
80. *Aluno 6 - então ela não é uma pedra normal. Ela tem várias outras grudadas nela.*
81. *Aluno 4 - eu não vou ver na lupa. Eu vou falar o que eu acho dessa pedra.*

Na linha 70, no início da análise da amostra 2 (arenito silicificado), é apresentado um dado empírico. Na fala, o aluno relata o material brilhante observado como cristalizado e insere outro dado importante na discussão: a presença de buracos. É a primeira citação, por parte dos alunos, relacionado ao conceito de porosidade, um importante componente para o entendimento do ciclo da água, que, juntamente com o conceito de permeabilidade, serão os principais aspectos explorados durante as discussões.

Na linha 75, o aluno apresenta outro dado relevante, baseado em suas concepções alternativas para a constituição da rocha, dizendo que ela parece ser formada por partículas pequenas de rochas. Na linha 80, o Aluno 6 alcança uma conclusão baseando-se no dado apresentado na linha 75 dizendo que por ela (amostra 2) ter “... *várias outras grudadas nela.*” (dado apresentada pela aluno), “*ela não é normal*”.

Percebe-se que os alunos observam e interpretam por meio de conhecimentos que carregam consigo para dentro da Escola, colocam as afirmações para seus colegas, que refazem a observação, reinterpretem-na para novamente ser discutida no grupo e modificada segundo a opinião da maioria. Nota-se que quando um dado é inserido, os outros alunos validam ou fazem oposição, caso este não satisfaça a sua interpretação. Trata-se de uma espécie de negociação que conduz a alcançar um patamar de intercâmbio e comunicação.

Porém, vale destacar que as interações são bem simples e não geram grandes discussões, principalmente pela limitação cognitiva ocasionada pela falta de maturidade e de conhecimento

científico básico, prevalecendo ainda uma grande influência das idéias prévias para enxergar o mundo em que vivem.

A influência das idéias prévias pode ser observada por colocações como “*ela (amostra 2) é formada por partículas pequenininhas de rochas.*” e, “*É cristalizada, tem um monte de fios de brilhantes.*”. Essas interpretações foram potencializadas pela falta de preparação para o tipo de atividade desenvolvido, pois nenhuma aula prévia tratou o tema: Minerais e Rochas. Nos níveis anteriores de escolaridade, os alunos não foram preparados para fazer observações de materiais ou objetos em laboratório, nem houve atividades de campo para descrever objetos naturais. Portanto, notamos ausência de habilidades, bem como de terminologia e linguagem próximas dos estudos naturais.

82. Aluno _____ - Aluno 6, você pode colocar que a amostra número dois é mais leve do que a amostra número um, olha, pega.
83. Aluno _____ - mas em compensação, o tamanho da pedra.
84. Aluno 4 – essa daqui parece que é de um material mais resistente.
85. Aluno _____ - uma parte é escura e outra é clara.
86. Aluno 2 - uma parte está mais escura.
87. Aluno _____ - Aluno 2, coloca que a amostra número dois é mais leve do que a amostra número um.
88. Aluno 2 - essa parte aqui é mais clara porque é mais cristalizada e essa é mais escura porque pegou...
89. Aluno _____ - a parte clara é meio áspera, a parte escura é tipo uma pedra desgastada. Não parece que foi desgastada?
90. Aluno 6 – é.
91. Aluno _____ - também tem um monte de buraquinhos.
92. Aluno 2 - uma parte é mais clara do que a outra.
93. Aluno _____ - a parte clara é mais áspera.
94. Aluno _____ - legal a aula.
95. Aluno 3 - ah, ah, gostei!
96. Aluno 6 - vamos fazer a [amostra] três.

97. *Aluno 5 - gente, vocês colocaram que ela [amostra 2] é mais leve que a rocha número um? Isso é importante!*
98. *Aluno 3 – a [amostra] três é mais pesada do que a um.*
99. *Aluno 5 - espera aí. A amostra número dois é mais leve do que a amostra número um. Agora vai para a amostra número três.*

Na linha 82, o aluno apresenta dado empírico, falando para seus colegas que a amostra número 2 é mais leve que a anterior, fato que reafirma nas linhas 87, 97 e 99, por considerar importante. Essa preocupação do aluno posteriormente se mostrará importante para o entendimento do conceito de porosidade.

Na linha 83, o aluno faz oposição à informação de seu colega na linha anterior (linha 82), pois relaciona o peso ao volume das amostras sem se preocupar com a composição do material, inserindo mais uma variável para a discussão. Essa dificuldade em relacionarem volume de certa quantidade de material terrestre com o “peso” será tratada mais adiante na segunda parte dos resultados (Item 5.2.), quando essa questão novamente é discutida pelos alunos e pelo professor.

A intervenção realizada pelo aluno na linha 83 enriqueceu a discussão, pois aumentou os desafios cognitivos dos alunos. Porém, a partir de sua fala, como não há continuidade da questão, permanece dúvida para afirmar se a idéia exposta foi aceita, rejeitada ou ignorada.

100. *Aluno 5 – a [amostra] três é demais! Põe três aí.*
101. *Aluno 6 - a três, em cima dela é uma parte lisa.*
102. *Aluno 5 - nas laterais também é lisa.*
103. *Aluno 6 - nas laterais tem parte lisa e tem parte áspera.*
104. *Aluno 5 - não, isso é porque foi quebrada, caramba!*
105. *Aluno 6 - ah, é verdade.*
106. *Aluno 2 - na parte debaixo.*
107. *Aluno 5 - é áspera, mais áspera.*
108. *Aluno 3 - também é cristalina, é do mar.*

- 109. Aluno 5 - É cristalizada empresta aí para eu ter certeza.*
- 110. Aluno 6 - é a mesma coisa que essa daqui.*
- 111. Aluno 5 - é, eu também acho.*
- 112. Aluno 4 - embaixo é mais áspera.*
- 113. Aluno 6 - debaixo é áspera.*
- 114. Aluno 2 - olha, se você fizer assim e ver na mão é brilhante.*
- 115. Aluno 3 - é brilhante, Aluno 6, olha.*

Nas linhas iniciais do recorte acima, o Aluno 6 relata uma característica da amostra número 3 (granito) fornecendo dados empíricos (linhas 101 e 103) apontando partes lisas e ásperas. O Aluno 5 na linha 104 faz oposição aos dados empíricos de seu colega, mostrando que uma das partes ásperas da rocha se encontra naquela situação (áspera) porque foi quebrada, o que é aceito pelo opositor. Destacamos que a amostra de granito apresentava uma face polida, pois foi adquirida em uma marmoraria.

Na linha 108, o Aluno 3 se apóia no dado empírico da linha 70, onde seu colega diz que a rocha é cristalizada, para afirmar que ela é “cristalina”. Nota-se que não é no sentido de rocha cristalina relacionando à sua gênese, mas de um material formado por cristais ou partes que brilham. Observa-se nas linhas seguintes que os alunos Aluno 6 e Aluno 5 o corrigem quanto à terminologia utilizada erroneamente e refazem uma verificação para confirmar que a amostra 3 é realmente “cristalizada”.

Além disso, o Aluno 3 utiliza idéias prévias para afirmar que é o mesmo tipo de rocha encontrada no litoral, afirmação que não enfrenta qualquer contestação de seus colegas. Novamente, a influência do cotidiano é percebida, pois não houve anteriormente qualquer aula que se propôs a estudar as rochas e minerais, e possivelmente esse aluno adquiriu esse pensamento fora do ambiente escolar.

- 116. Aluno 4 - essa daí [amostra 3] parece um tijolo.*
- 117. Aluno 5 - não, é brilhante Aluno 4?*

118. Aluno 4 – é.

119. Aluno 5 - então não parece tijolo.

120. Aluno 4 – um pedaço.

Nas cinco linhas do recorte acima (linhas 116 a 120) pode-se perceber um exemplo da interação entre os alunos ao relatarem suas observações para o restante do grupo.

Na linha inicial, o Aluno 4 apresenta um dado empírico após uma observação (linha 116): “*Essa daí parece um tijolo.*”. Pelo contexto, o aluno possivelmente considerou a justificativa, de modo implícito, de que a amostra da rocha era fosca, apoiada no fato de que todo tijolo é fosco.

Essa justificativa e seu conhecimento básico o influenciaram na apreciação do material, gerando o dado citado. Porém, seu colega Aluno 5 apresenta uma oposição ao dado dizendo “*não, é brilhante, Aluno 4?*”. A fala do aluno pode ser entendida como uma refutação, pois questiona a validade do dado do Aluno 4.

Com a reconsideração do Aluno 4, na linha 118, Aluno 5 então conclui a explicação com a frase “*então não parece tijolo*”. Observa-se também que apesar da conclusão contrária ao seu dado inicial, o aluno na linha 120 apresenta uma justificativa para ter iniciado a discussão com o tal dado empírico dizendo “*um pedaço.*” uma vez que a amostra apresenta superfícies foscas e polidas e por isso generalizou uma delas para toda a amostra.

Essa interação dos alunos mostra bem como se realiza uma validação dos dados coletivamente, conseguida por meio da manipulação de materiais terrestres. Geralmente na sala de aula, os professores adotam técnicas que inibem esse tipo de discussão, além de que a política estabelecida pela rede estadual de ensino do Estado de São Paulo não fornece subsídios materiais e muito menos condições de trabalho para a realização desse tipo de atividade.

Nota-se que para a realização do experimento com os alunos houve a necessidade de mudança da rotina da escola, alterou-se a carga didática do professor e outros profissionais mudaram sua rotina de trabalho. Isso sugere que o ensino mais ativo requer uma organização escolar mais comprometida com a aprendizagem dos estudantes.

121. Aluno 6 - *embaixo dela [amostra 3], dentro dela é com um monte de pedra. Outros tipos de rochas.*
122. Aluno 5 - *não.*
123. Aluno 6 - *é um monte de areia de praia.*
124. Aluno 5 - *é verdade.*
125. Aluno 6 - *e as partes pretas?*
126. Aluno 5 - *é de outra pedra. Dessa daqui também [amostra 1], porque tem preto. Então, anota a número quatro, depois acaba.*
127. Aluno 2 - *vamos fazer uma bolinha aqui para a gente explicar?*
128. Aluno 4 - *é, porque parece que é tudo junto.*

No trecho acima, percebe-se uma forte influência das concepções alternativas dos alunos quanto ao tema minerais, ao relatarem o que observaram na amostra 3, cujos minerais são bem nítidos pelo tamanho e pela distinção das cores.

Na linha 121, Aluno 6 interpreta fornecendo o dado que a amostra de rocha é formada por inúmeras outras “pedras”. O pensamento do Aluno 6 é comum ao de seus colegas, pois estes não apresentam resistência, aceitando e somente adicionando informações. Essa idéia é semelhante à consideração feita para amostra 2 (linha 80).

Em nenhum momento o termo *mineral* é mencionado na discussão. Não faz parte da terminologia comum dos alunos. A origem da terminologia usada é a vivência. Difere do conhecimento e linguagem científicos, mas revela procedimentos lógicos, comparativos e a transferência de informação do cotidiano para o ambiente escolar.

Manipulação de amostras de rochas foi uma oportunidade de aflorar idéias comuns e identificar as propriedades mais evidentes das amostras: textura, cor, forma e aparência externa. Destas características os alunos avançaram para a idéia de transformação de materiais, um princípio de argumento temporal. Ao ampliar a discussão com outros colegas há indícios do que

o professor pode aproveitar para desenvolver conceitos universais e aceitos pelo conhecimento científico.

5.1.3 – Manipulação de amostras – Características de porosidade e permeabilidade

Nesse momento, o professor interrompe os alunos para orientá-los para a etapa seguinte da experimentação, que consiste em jogar água nas amostras.

129. PROFESSOR – grupos prestem atenção! Depois quando vocês já tiverem com tudo isso, com as cinco - eu vou adiantar porque tem gente que já terminou – o Professor vai entregar para vocês um copo d'água – vou tirar um pouquinho porque tem muita água aí. Façam um teste jogando água sobre as amostras, as cinco amostras. Pouquinha água, ouviu gente? É pouquinha água que vocês vão jogar. Qual é o comportamento de cada tipo de rocha ao se jogar água sobre ela? Explique o mais detalhadamente possível. Então, vocês vão pegar cada rocha, jogar um pouquinho de água e vocês verão qual o comportamento da água em cada rocha. O grupo depois, agora o grupo deverá tentar agrupar as rochas em grupos também, seguindo as suas características. Tente anotar as características de cada grupo de rochas. Depois ao final, vocês vão fazer o seguinte, são cinco rochas, vocês vão tentar agrupar: - essas daqui são parecidas e essas são parecidas, vocês vão tentar agrupar em grupinhos, as que têm características mais semelhantes. Lembrando também que vocês não podem esquecer a atividade da água, então, vocês vão ver as características de cada uma também em relação à água. Então vamos lá, podem continuar.

O grupo, ao ser interrompido pelo professor, termina rapidamente as atividades relacionadas à primeira etapa e partem para seguir as novas instruções. As observações das amostras 4 e 5 foram prejudicadas.

Nas linhas seguintes, percebe-se que os alunos seguem em um ritmo diferente, apressando as observações e diminuindo as discussões, prejudicando a análise. A amostra 4 será alvo principal da discussão mais adiante, por possuir características marcantes acerca da porosidade e da permeabilidade, enquanto que a amostra 5 não será explorada em qualquer momento das discussões.

130. Aluno 2 – Professor, pega a lupa com ela.

131. PROFESSOR – está aqui.

132. Aluno 2 – absorve a água.

133. Aluno 3 – ela [amostra 1] meio que absorve a água.

134. Aluno 3 - quem é a rocha número dois?

135. Aluno 2 – espera aí.

136. Aluno 3 - espera aí que ele ainda não terminou.

137. Aluno 4 – a água preenche todos os buracos.

138. Aluno 5 - a água fica aqui nos furinhos.

139. Aluno 3 - ela não absorve muita água, mas ela preenche os buracos vazios.

Na linha 132, Aluno 2 apresenta um dado interessante relativo à amostra 1, dizendo que “...*absorve a água.*”. A água foi para algum lugar, trata-se de um indício da construção de como a água se move para dentro da rocha. O conhecimento da infiltração de água requer certa vivência e informações ainda não experimentadas pelos alunos.

Nas linhas 137, 138 e 139, Alunos 4, 5 e 3 apresentam falas diferentes de seu colega na linha 132. Inserem possíveis entendimentos científicos da infiltração. Continuam a considerar a amostra 1 como permeável, aceitando a colocação de seu colega.

140. Aluno _____ - quem quer falar para ele escrever.

141. Aluno 2 – cadê a lupa?

142. Aluno _____ - Aluno 2, a rocha [amostra 1] seca está mais crespa e a molhada não.
143. Aluno 2 – é verdade.
144. Aluno _____ - deixa eu ver.
145. Aluno _____ - aqui molhada e aqui seca.
146. Aluno 4 – acho que a cor fica mais escura.
147. Aluno _____ - posso ir lá beber água? Posso ir lá ao banheiro?
148. PROFESSOR – gente, olha, mais quinze minutinhos.
149. Aluno _____ - escreve, caramba!
150. Aluno _____ - cada um escreve o que acha da sua.
151. PROFESSOR – vocês estão discutindo aí?
152. Aluno _____ - já. Nós estamos na número dois.
153. Aluno 2 – os buraquinhos, os buraquinhos estão absorvendo toda a água [amostra 2].

Na linha 153, o Aluno 2 argumenta sobre a amostra 2, ou seja, muda sua percepção. Houve enriquecimento de sua observação e pensamento como resultado de socialização do conhecimento.

154. PROFESSOR – vocês fizeram da forma mais detalhada possível?
155. Aluno _____ - ham, ham.
156. PROFESSOR – agora está faltando a [amostra] três, não é?
157. Aluno _____ - é a três. É essa.
158. Aluno _____ - cadê a caneta? Você vai escrever?
159. Aluno _____ - quando fica molhada fica menos áspera, não é?
160. Aluno _____ - isso.
161. Aluno _____ - então, a parte molhada fica menos áspera.
162. Aluno 2 – a parte seca é mais áspera do que a molhada.
163. Aluno _____ - eu falei que a cor modifica?
164. Aluno _____ - falou.

As linhas em que os alunos analisaram a amostra número 3 foram reduzidas e geraram poucas discussões, devido à falta de tempo para terminar essa parte da aula. Percebe-se que a amostra não chamou muita atenção ao se jogar água: na linha 159, o aluno relata que a rocha fica menos áspera ao se jogar água e na 163 há uma citação de mudança de cor.

165. Aluno 6 – preenche os buracos vazios [amostra 4].

166. Aluno _____ - e a pedra absorve a água porque tem minúsculos buracos.

167. Aluno _____ - ela suga!

168. Aluno _____ - ela suga rapidamente.

169. Aluno _____ - vamos pôr isso?

Diferente da amostra número 3, a amostra 4 acabou gerando mais discussão e observam-se problemas de aprendizagem.

Ao iniciarem a verificação da amostra 4 (linha 165), Aluno 6 apresenta a seus colegas um dado empírico diferente das linhas 132 e 149, em que dizia que a amostra 2 “*absorvia*” água. Em sua fala o termo é substituído pela expressão “*preenche*” os buracos vazios, indício de pensamento mais próximo da explicação científica e menos baseado em concepções alternativas. Assinala-se, por outro lado, as linhas 167 e 168 cujo termo usado volta a ser “*absorve*” representado pela idéia “*suga*”. Na linha 166 o aluno conclui que a pedra “*absorve a água*”, justificando sua conclusão em decorrência da presença de “*minúsculos buracos*”. Apesar de completar a ideia exposta inicialmente na linha 70, a terminologia é pouco adequada por veicular a idéia de *sugar* ao invés de *infiltrar*. Nesse momento, não é possível saber se é um erro de terminologia ou de crença quanto ao comportamento e natureza da matéria.

170. _____ - ela [amostra 4] é cheia de terra e absorve a água rapidamente.

171. Aluno _____ - vamos gente, quem é agora?

172. Aluno _____ - é o Aluno 6.

173. Aluno 6 – a mesma coisa que pôs na amostra 2 põe na minha.

174. Aluno _____ - olha como ela ficou.

175. Aluno _____ - *nossa!*
176. Aluno 6 – *a parte marrom, quando ela se agrupa com a água, ela fica mais escura.*
177. Aluno _____ - *vamos ver se suga mesmo ou se nós vimos errado, espera aí.*
Tem que fazer com gotinhas minúsculas.
178. Aluno 6 – *é verdade.*
179. Aluno _____ - *é como se fosse tijolo. Quando você joga água no tijolo, eu acho que é assim, ela fica mais escura.*
180. PROFESSOR – *mais dez minutinhos.*
181. Aluno _____ - *essa daí (amostra 2), Aluno 6, o que eu pude perceber é que ela não seca tão rápida como essa daqui (amostra 4).*
182. Aluno 2 – *ela seca muito rápido.*
183. Aluno _____ - *e na hora que você passa a mão assim, enche de areia.*
184. Aluno _____ - *é verdade, ela fica mais resistente.*

Nas linhas 170 e 183, os alunos apresentam dados relativos à composição da amostra de rocha número 4. Perceberam que era formada por areia e terra. Já haviam tentado elaborar explicações sobre a composição das amostras como nas linhas 70 “*tem um monte de fios de brilhantes*”; 79 “*... partículas pequenininhas de rocha*”; 80 “*... várias outras grudadas nelas*”; 121 “*monte de pedra*”; 123 “*é um monte de areia de praia*”. , mas agora acha-se mais próximo de conceitos universais. A idéia de composição foi se desenvolvendo e se tornando mais próximo da realidade pela interação dos alunos e a frequente reformulação dos dados, chegando às linhas 170 e 183, favorecida pela natureza da amostra 4, pois a análise de seu constituinte principal, areia, era de fácil e direta observação, uma vez que se soltava com facilidade ao passar a mão.

O Aluno 6 levanta dado importante sobre infiltração na linha 176. Ao interpretar a experiência de jogar água na amostra, utilizou o termo “*agrupa com a água*”. Foram usadas as palavras “*suga*”, “*absorve*”, “*preenche*” e “*agrupa*” para infiltrar, indicando multiplicidade de terminologias e de entendimentos para o mesmo processo.

185. Aluno _____ - *deixa eu olhar.*

186. Aluno _____ - *vocês já estudaram, agora já falam.*
187. Aluno _____ - *Aluno 2 põe aí que ela [amostra 2] é igual do Aluno 5 [amostra 4], aquela coisa, que ela suga mais rápido. É praticamente igual.*
188. Aluno _____ - *mas tem uma diferença. A diferença é que ela absorve mais rápido, não é?*
189. Aluno _____ - *a amostra 4 absorve mais rápido do que a sua [Amostra 2], porque ela é feita de um mármore diferente.*
190. Aluno _____ - *a minha pedra é quase igual a amostra 4.*
191. Aluno 4 – *essa é igual a essa.*
192. Aluno 2 – *essa é diferente de todas, gente.*
193. Aluno 6 – *é mesmo.*
194. Aluno _____ - *a três e a cinco são quase iguais, mas a ...*
195. PROFESSOR – *gente, não é para sair, é para continuar aqui. Por favor, continuem sentados nas cadeiras.*

FINAL

As discussões dos alunos nas linhas 187 a 189, para a definição da característica da amostra 4 teve início na linha 181. Nesta, o aluno faz uma comparação entre as amostras 2 e 4, apresentando dado em que a primeira “não seca tão rápido” quanto a segunda amostra. Retornando a discussão na linha 187, o aluno coloca um qualificador em relação à diferença entre amostras utilizando a frase “*é praticamente igual*”. Na linha seguinte, seu colega Aluno 5 realiza uma refutação, dizendo “*Mas tem uma diferença. A diferença é que ela absorve mais rápido, não é?*”. Aluno 5 entendeu que o qualificador de seu colega criaria uma semelhança muito próxima entre as amostras, ignorando sua percepção de que uma das amostras “*absorvia*” muito mais rápido.

Na linha 189, o aluno utilizando-se do conhecimento discutido nos linhas anteriores alcança uma conclusão explicando a diferença entre as amostras 2 e 4. Ele diz que essa diferença é causada porque “*... ela (amostra 4) é feita de um mármore diferente.*”. Em sua fala ao utilizar a palavra mármore, o aluno na realidade usa essa terminologia para se referir a um material diferente da amostra 2.

Nas linhas acima citadas, percebe-se como a interação serviu para validar informações coletivamente consideradas corretas e refutar ideias equivocadas. Desse modo, os alunos construíram uma explicação coletiva dos fatos observados. Porém vale ressaltar que, o que determinou a informação correta, ou não, foi a observação realizada na experimentação unida às ideias prévias que os alunos trazem consigo. Esse intercâmbio foi ponto de partida para construir a explicação de consenso.

Foi mencionado que, na primeira parte da aula, as amostras 4 e 5 não puderam ser exploradas pelos alunos por falta de tempo. As poucas descrições da amostra 5 a colocam como similar à amostra 3 (Linha 194). Por esse motivo, durante as discussões com a participação de todos os alunos e com o professor, a menção a essa amostra foi pífia, limitando-se a comparações.

5.2 – Debates – primeira parte

A primeira parte da aula foi importante para gerar situações em que os alunos buscassem explicações para as observações realizadas. Essas explicações, além de mostrarem as concepções dos alunos, nos ajudam a investigar as origens do pensamento, as ideias prévias e como se constrói o processo de aprendizagem a partir de uma atividade participativa. As dificuldades apresentadas serão aprofundadas nessa parte da aula, em que os alunos dispõem de suas experiências empíricas e pessoais para discutirem.

Após a análise das rochas feita pelos alunos organizados em pequenos grupos, a sala foi arrumada para uma discussão coletiva. Os alunos se distribuíram em um grande círculo, onde todos pudessem ser observados e ouvidos. No centro da “roda de discussão” ficou localizado o gravador de áudio para que pudesse captar todas as falas dos alunos.

O Professor participou comandando a interação para direcionar as discussões e buscar o entendimento e as dificuldades dos alunos, bem como incentivar a participação de todos. Após

uma breve consideração sobre os tipos de rochas, a discussão parte para porosidade e permeabilidade das diferentes amostras.

5.2.1 – Retomando o assunto

- 196. PROFESSOR – vamos começar, deixa eu só desligar um pouquinho o ventilador, por causa do barulho. Bom gente, vamos começar então, depois da atividade que vocês fizeram, eu quero que cada grupo fale um pouquinho do que fez e como fez. Qual grupo quer começar. O grupo do Aluno 3?*
- 197. Aluno 3 – não.*
- 198. PROFESSOR – então deixa eles lá primeiro, espera aí. Pode falar.*
- 199. Aluno 5 – ah, Professor, como a gente fez?*
- 200. PROFESSOR – oh, gente, é só falar um pouquinho daquilo que vocês fizeram.*
- 201. Aluno 5 - a gente descobriu quais são as principais diferenças de cada pedra.*
- 202. Aluno _____ - e as semelhanças também.*
- 203. PROFESSOR – e o que vocês viram de semelhanças e de diferenças?*
- 204. Aluno _____ - de semelhanças eu vi que tinham algumas pedras com uma cobertura lisa e outra que era áspera e também tinha outra que era áspera.*
- 205. Aluno 5 - tinha um monte de buraquinhos no meio das pedras.*
- 206. Aluno _____ - quando a gente passava a mão ficava cheia de areia, a mão.*
- 207. Aluno _____ - tinha uma que eu separei que era granito.*
- 208. Aluno 5 - tinha uma que quando o Senhor batia assim na mesa, ela esfarelava.*
- 209. PROFESSOR – mais algum grupo quer falar? Fala Aluno 3.*
- 210. Aluno 3 – algumas pedras, quando molhadas, elas secam.*
- 211. Aluno _____ - teve uma também que sugava a água, só que muito devagar.*
- 212. PROFESSOR – sugava também?*
- 213. Aluno _____ - sugava, só que muito devagar.*
- 214. PROFESSOR – todas?*

215. Aluno _____ - *não, aquela que tem uma coisa brilhante em cima, a número três e a número cinco, não sugava aqui em cima.*
216. PROFESSOR – *Vocês se lembram dos números? Então não preciso pegar os números. Então vamos lá.*
217. Aluno _____ - *a número três, quando jogava água nela aparecia o desenho da frente atrás, só que sem o brilho.*
218. PROFESSOR – *esse grupo aqui, o que vocês querem falar sobre o que vocês fizeram? Nada do grupo de vocês? Pode falar. E o grupo de vocês?*
219. Aluno 7 – *eu descobri que quase todas as rochas eram feitas de pequenos grãosinhos de terra, de areia.*
220. PROFESSOR – *todas elas?*
221. Aluno 7 – *é.*
222. PROFESSOR – *todas elas eram feitas assim?*
223. Alunos – *não.*
224. Aluno 7 – *quase todas.*

No início da discussão, os alunos se apresentam um pouco relutantes para explicarem suas experiências, mas após algumas intervenções, os alunos se motivam a expor suas impressões sobre a atividade. As primeiras falas se apresentam desconexas e pouco aprofundadas, pois ainda há pouca intervenção do professor.

Nas linhas 219 a 224 houve nova intervenção do professor para verificar os dados que estão sendo postos para socialização. Quando o Aluno 7 na linha 219 apresenta seu dado empírico que “... *quase todas as rochas eram feitas de pequenos grãosinhos de terra, de areia.*”, na sequência o professor pergunta se eram todas formadas daquele jeito. Com a intervenção, o aluno se confunde, pois o professor não percebeu que o aluno tinha colocado em sua colocação um qualificador “*quase*”, que denota um limite para sua afirmação. Novamente na linha 224, o aluno reafirma repetindo esse limite.

225. PROFESSOR – *para começar, onde nós encontramos as rochas? Elas ficam onde se você quiser encontrar uma, onde você vai procurar?*

226. Aluno 7 - na rua, na praia.
227. PROFESSOR – só na praia? Aqui no nosso caso, onde vocês acham que aqui tem o local mais próximo que vocês podem encontrar rochas?
228. Aluno 2 - onde eu moro tem umas pedras do tipo da [rocha] número 4, virando a rua tem um montão dessas pedras e também da número 1 e granito.
229. PROFESSOR – você acha em um monte de lugar, mas na natureza, sem o homem ter pegado de um lugar e colocado para enfeitar a casa, para fazer as construções, onde nós encontramos na natureza?
230. Aluno 3 – no jardim.
231. PROFESSOR – Aluno 6, fala você. Onde você acha, Aluno 6, que pode encontrar na natureza?
232. Aluno 6 – na floresta Amazônica, em lugares assim têm algumas pedras.
233. PROFESSOR – nossa, para pegar essas pedras tiveram que ir até a floresta Amazônica?
234. Aluno _____ - você pode achar na rua.
235. PROFESSOR - Vocês estão falando onde nós encontramos as rochas está certo, mas na natureza a gente pode encontrar as rochas, inclusive, vocês já falaram para o Professor onde que tem rochas.
236. Aluno _____ - no subsolo.
237. PROFESSOR – no subsolo. Então, esses tipos de rochas que vocês viram, nós encontramos no subsolo. Aqui no nosso subsolo tem esses tipos de rochas. É lógico que não todos, porque dependendo do local aparece um tipo de rocha. Isso que dizer que se você furar o chão e for escavando, escavando, você vai achar esses tipos de rochas aí. Então, nós encontramos aqui embaixo de nós.

No recorte acima, o professor tenta desvendar as idéias dos alunos sobre onde podem ser encontradas as rochas que foram utilizadas na atividade. Trata-se de levantar idéias prévias sobre ocorrência de materiais terrestres. Observam-se algumas tendências. A primeira é o nexo de rochas e construção civil. Nas linhas 226 e 228, as respostas indicam que suas justificativas se basearam no cotidiano, pois é onde os alunos têm contato com esse tipo de material. No cotidiano

dos alunos, rochas são constituintes das construções, dificilmente são vistas como integrantes da natureza.

Outra tendência foi associar rocha à praia e floresta, exemplificada nas linhas 226 e 232, onde há menção até à Amazônia. Talvez tenha sido resposta à insistência do professor para alunos citarem apenas o meio natural, ao invés de lugares alterados por atividades antrópicas. De qualquer forma, os alunos tiveram dificuldade de indicar onde podemos encontrar rochas.

5.2.2 – Início da discussão das amostras

- 238. PROFESSOR – Então, a gente precisa entender como são esses materiais, como são essas rochas para a gente entender como a água circula dentro dela. Como é o comportamento desses materiais com a água. O tipo um, o basalto, o grupo de vocês aqui. Como ele é? Como vocês o classificaram? Como vocês o analisaram? Heim, Aluno 8?*
- 239. Aluno 8 – como uma pedra dura, difícil de passar água.*
- 240. PROFESSOR – é uma pedra dura, vocês viram que ela não quebra facilmente. O que acontece com ela quando você joga água?*
- 241. Aluno 8 – ela não absorve.*
- 242. PROFESSOR – esse tipo de rocha não absorve água. Tem algum grupo que viu alguma coisa diferente e quer falar? Fala Aluno 9.*
- 243. Aluno 9 – quando joga água nela, ela vai escorrendo até chegar à vasilha que a gente colocou por baixo e não penetra na pedra que nem as outras.*
- 244. PROFESSOR – vocês ouviram que a Aluno 9 falou? Você joga água e a água não entra. O que a água faz?*
- 245. Alunos – escorre.*
- 246. PROFESSOR – escorre até cair na vasilha que estava embaixo.*
- 247. PROFESSOR - Mais algum grupo quer falar sobre esse tipo de rocha? O grupo aqui das meninas.*
- 248. Aluno 3 – Professor, essa daí é mais quebrada.*

249. Aluno _____ - Professor, essa aí é mais pesada.

O estudo mais sistematizado das amostras se inicia com a verificação do basalto (amostra 1), onde o professor pede que os alunos digam o que viram na atividade prática. Na linha 239, o Aluno 8 reafirma que essa amostra é dura e difícil de passar água, apoiando-se em dados empíricos. Nota-se que o aluno fala a palavra “*difícil*” podendo demonstrar que apesar da dificuldade, a água consegue penetrar dentro dessa rocha. Porém, na linha 241, novamente responde que quando jogada água, a amostra “*não absorve*”. Essas duas falas demonstram como o uso de determinadas terminologias, se não forem exploradas corretamente, podem ser interpretadas de formas equivocadas. Por esse motivo, a intervenção do professor pretendeu aclarar a afirmação do aluno.

Na linha 243, Aluno 9 apresenta seu dado empírico, melhor elaborado, baseado nas discussões anteriores adicionando a justificativa que a água “... *vai escorrendo até chegar à vasilha*”. Mas deve-se observar que, ao final de sua fala, há uma colocação que possivelmente sugere que todas as outras amostras se comportam de forma diferente, mas isso só acontece com as amostras 2 e 4.

Nesse recorte, os alunos iniciaram suas considerações a respeito do conceito de infiltração, ainda que fornecendo poucos indícios e não apresentando discussões a respeito das noções de porosidade e de permeabilidade.

250. PROFESSOR – certo, então vamos para a próxima. O que vocês então falaram, discutiram e anotaram sobre essa (amostra 2)? Fala Aluno 9.

251. Aluno 9 – quando a gente joga água nela já penetra, não é igual a primeira, ela já suga toda a água.

252. PROFESSOR – o que acontece com a água quando nós jogamos nessa daqui?

253. Aluno _____ - absorve.

254. PROFESSOR – ela absorve um pouquinho de água. Pouquinho ou bastante?

255. Alunos – pouquinho.

256. *Aluno 5 – ela também é dura, Professor.*
257. *PROFESSOR – ela também é dura, pode ver que ela também é pesadinha.*
258. *Aluno _____ - e não esfarela.*
259. *PROFESSOR – não esfarela?*
260. *Alunos – não, um pouco.*
261. *PROFESSOR – esfarela, mas pouquinho. Essa parte é lisa porque ela foi?*
262. *Alunos – cortada.*

No decorrer do recorte acima, os alunos discorrem suas considerações a respeito da amostra 2 contendo ainda poucas interações a respeito da água subterrânea.

Na linha 251, o Aluno 9 realiza uma comparação entre as amostras 1 e 2 apontando os diferentes comportamentos das litologias estudadas em relação à água. O aluno apresentou uma explicação mais detalhada se comparado com as anteriores, pois sua afirmação vem acompanhada da justificativa, baseada em suas observações, de que essa amostra “... suga toda a água”.

Nota-se que nesse recorte os alunos ainda não citaram um dado observado na experimentação e que possui posição central no entendimento de infiltração, a presença de poros ou, segundo a terminologia mais utilizada por eles, “buracos”.

263. *PROFESSOR – vocês que observaram com a lupa, o que vocês puderam perceber? Ela é formada de que? Fala Aluno 8.*
264. *Aluno 8 - de pequenos cristais brilhantes.*
265. *PROFESSOR – pequenos cristaisinhos que são parecidos com o quê?*
266. *Aluno 5 - vários buraquinhos.*
267. *PROFESSOR – você observa buraquinhos nele, com a lupa.*
268. *Aluno 5 – é quando suga, é igual água no subsolo e é por isso que entra água na pedra.*

A fala do Aluno 5, na linha 266, reafirma sua observação da linha 70 sobre a presença de “buraquinhos”. Para o entendimento do processo de infiltração, essa fala foi importante, pois

inseriu a noção de porosidade, um dos fatores principais ao lado da permeabilidade para que se compreenda o funcionamento do ciclo da água. É por meio do entendimento dos poros presentes nas amostras 2 e 4 que será possível relacioná-los com a permeabilidade e, dessa maneira, construir noções científicas do processo de infiltração da água no solo e nas rochas.

Em sua nova intervenção (linha 268), o aluno compara o comportamento da amostra de rocha ao que acontece na realidade, tenta fazer uma ligação com suas observações no cotidiano e, com isso, apóia-se em seu conhecimento prévio.

Por esse recorte estudado, ainda é cedo realizar qualquer afirmação referente ao pensamento do aluno sobre a infiltração, mas surgem indícios que, aliados a outros que serão citados mais adiante, formarão uma noção mais detalhada desse pensamento. Neste ponto da descrição seria difícil transmitir ao leitor *qual é a concepção* de infiltração do Aluno 5, porém adiantamos que isso será examinado com mais detalhe e identificaremos uma combinação de traços de raciocínios apoiados na experiência do aluno combinados com o conhecimento obtido por meio da aula.

269. PROFESSOR – certo, mais alguma coisa sobre este tipo aqui [amostra 3] que o grupo queira falar? Não, então vamos para o próximo. Esse daqui, fala Aluno 5.

270. Aluno 5 – absorve água, mas não completamente Professor.

271. PROFESSOR – absorve, Aluno 1?

272. Aluno 1 – essa parte aí não, a outra.

273. PROFESSOR – essa parte absorve água?

274. Aluno 5 – essa parte aí absorve.

275. PROFESSOR – Aluno 5, essa parte aqui é a mesma dessa, a diferença é que ela está polida.

276. Aluno 1 – eu acho que ela [amostra 3] não absorve água, eu acho que a água sai em todos os pequenos buracos até chegar na parte que está mais funda, porque ela tem muitos buracinhos e aí a água entra ficando meio úmido.

277. PROFESSOR – ela só umedece a superfície então, mas se você jogar água escorre?

278. Alunos – escorre.

279. *Aluno 8 – Professor, sabe o porquê na parte mais lisa não absorve a água e nem na parte de trás é porque ela não esses furinhos como nas outras. Não tem muitos furinhos na parte da frente.*
280. *PROFESSOR – ah, ela não tem furinhos. Vocês olharam pela lupa e vocês viram quer não tem furinhos?*
281. *Alunos – tem poucos, mas não absorve a água.*
282. *Aluno 5 – é porque foi polida, Professor.*
283. *PROFESSOR – espera aí, são furinhos ou são assim partes irregulares?*
284. *Aluno 10 – partes irregulares.*
285. *PROFESSOR – então, quer dizer que a água não consegue entrar. Gente e agora? Tem algumas pessoas que falaram que ela absorve água e outras pessoas não e aí?*
286. *Aluno _____ - ela absorve, só que absorve pouco.*
287. *Aluno _____ - absorve 10% da água.*

Durante a apresentação da amostra 3, os alunos enfrentaram grande dificuldade em relatar suas observações. Como a rocha apresentava uma superfície diferente em cada face, por se tratar de um pedaço cortado e polido que posteriormente foi fragmentado, o comportamento da água aparentemente mudava de uma face para a outra. Portanto, os alunos por meio de suas observações não conseguiram relacionar as diferentes características que as faces apresentavam em uma só amostra e, conseqüentemente, não admitiram as mesmas características de porosidade para todas as superfícies.

Nos dados das linhas 272 e 274 fica evidente essa situação, em que a face polida da rocha seria impermeável e a face onde foi fragmentada (não polida) permeável. Com suas intervenções (linhas 273 e 275), o professor acabou induzindo os alunos a reverem suas afirmações, acabando por gerar novos dados, justificativas e hipóteses (linhas 276 e 279).

Na linha 276, Aluno 1 afirma que a amostra 3 não absorve água. Apesar de considerar a presença de pequenos buracos, o aluno considera-os superficiais. Já na fala de seu colega Aluno 8 (linha 279), é feita a relação entre as diferentes partes, formulam uma hipótese onde explica que ambas as partes (polida e não polida) não absorvem a água. Como justificativa, baseia-se no fato que essa amostra não possui “*furos*”.

Porém, no final do recorte, outros alunos ainda consideram a rocha como permeável, mesmo com as intervenções de seus colegas, pois cada aluno possui um modo de enxergar o mundo em que vivem e, conseqüentemente, o modo como cada um interpreta suas observações. Essa visão de mundo é pessoal, portanto todos os alunos, além de interpretarem de acordo com suas crenças e vivências, podem aceitar novas informações como verdadeiras ou recebê-las com certo ceticismo, dificultando a alteração de uma ideia prévia.

288. PROFESSOR – *então vocês estão na dúvida. Vamos ver esse daqui de número quatro. Fala Aluno 6, não falou ainda. Fala um pouquinho dela. Fala um pouquinho, porque você não falou. Fala Aluno 8.*
289. Aluno 8 – *ela absorve bastante água.*
290. ALUNO _____ - *e bem rápido.*
291. Aluno 8 - *e ela fica bem úmida quando absorve.*
292. PROFESSOR – *essa daqui então, a Aluno 8 já falou. Como é que é Aluno 8?*
293. Aluno 8 – *ela tem muitos furinhos e daí ela absorve mais rápido a água.*
294. PROFESSOR – *ah, essa daqui já tem furinhos e absorve mais rápido a água. Fala.*
295. Aluno 8 – *quando ela fica muito molhada.*
296. PROFESSOR – *O Aluno 8 falou que isso daqui (amostra 4) absorve água bastante e bem rápido. E a outra?*
297. Aluno 8 – *quando molha muito a pedra, ela quebra muito fácil.*
298. PROFESSOR – *só quando molha ela quebra muito fácil?*
299. Aluno 2 – *não, Professor, ela se desgasta.*
300. Aluno 5 – *só de colocar na mesa ela já começou a esfarelar.*
301. PROFESSOR – *e o que estava esfarelando?*
302. Alunos – *areia.*
303. Aluno 8 – *areia misturada com terra.*

No início da discussão acerca da amostra número 4, os alunos apresentam dados referentes à presença de “*muitos furinhos*” e a rapidez que essa rocha “*absorve*” a água.

Na linha 293, o Aluno 8 novamente relaciona velocidade de absorção da rocha à presença de furos (poros). Constrói uma explicação cuja relação é diretamente proporcional: existência de maior número de poros implica maior absorção, ou seja, há umnexo causal. Assinalamos anteriormente que duas noções são essenciais para construir o processo de infiltração: porosidade e permeabilidade.

Nessa parte do debate, os alunos aceitaram que algumas amostras possuem poros (ao comparar as amostras 2 e 4). Trata-se do resultado de observação direta dos “furos” e da água que penetrou através deles. Mas as dimensões internas dos “furos” dependem de abstração ou de suposições que ajudem a interpretar como a água fica armazenada e circula na amostra.

5.2.3 – Densidade das amostras

- 304. PROFESSOR – outra coisa que o Aluno 8 falou também, essa daqui é a mais leve de todas. Por que ela é mais leve?*
- 305. Aluno 8 - porque ela tem mais furinhos.*
- 306. PROFESSOR – o que tem dentro dos furinhos?*
- 307. Aluno 5 - água.*
- 308. PROFESSOR – o que tem dentro dos furinhos? O que são os furinhos que você está falando tanto aqui Aluno 8?*
- 309. Aluno 8 – são os buraquinhos por onde entra a água que ela absorve.*
- 310. PROFESSOR – Aluno 5, antes de jogar água o que tinha no meio dos buraquinhos?*
- 311. Aluno 5 – eu acho que era areia.*
- 312. PROFESSOR – então você joga água e a areia sai e entra a água?*
- 313. Aluno _____ - é.*
- 314. Aluno _____ - não, Professor.*
- 315. Aluno 5 – a areia suga a água.*
- 316. Aluno _____ - e aí ela fica úmida, ela não fica molhada completamente, ela fica úmida.*

O professor, depois de introduzir as quatro amostras de rochas, procura desvendar o pensamento dos alunos acerca da infiltração. Mas como este conceito é de um processo, tornou-se necessário esmiuçar indicadores relativos a porosidade e permeabilidade. Pretende-se descrever raciocínios que alunos usaram quando foram provocados pelo professor.

Logo na linha inicial (linha 304), o professor pergunta e retoma o dado empírico observado pelo Aluno 8: por que a amostra 4 é mais leve? O aluno expõe uma hipótese apoiada na quantidade de “*furinhos*”.

O aluno cita indiretamente a porosidade do material, possivelmente baseando-se na densidade da amostra. Mas não temos indícios que comprovem que houve compreensão de que o raciocínio esteja baseado nonexo causal entre porosidade e diminuição da densidade da rocha. Apesar disso, foi necessário abstrair a idéia de densidade a partir dos poros diretamente observados. Advogamos que exista interação de abstrações, idéias prévias e dados gerados pela experimentação.

Um dos exemplos da abstração é percebido na linha 306, no qual o professor solicita que os alunos respondam o que existe no interior dos furos observados. Prontamente o Aluno 5 responde: “*água*”.

Os alunos 5 e 8 (linhas 307 e 309) respondem sobre a natureza da matéria que compõe a amostra: o que existiria dentro dos poros. Na linha 311 a resposta é *areia*, mas surge um impasse porque foi observado que a água entrou na amostra através dos poros. Ao final do diálogo, não fica claro se a água substitui a areia ao entrar na amostra, ou se a água ocupa e desloca o ar que havia nos poros.

Na linha 315 a terminologia sugere como a água penetra na amostra: “*areia suga a água*”. O mesmo aluno relatou que existia água nos poros da amostra (linha 307). Podemos interpretar que coexistem dois tipos de entendimentos, que apesar de serem divergentes e mostrarem certa incoerência, cohabitam o pensamento do aluno sobre o fenômeno. Essa incoerência surge porque para os alunos ainda não existe um modelo único e geral a respeito da infiltração, por isso que mesmo divergentes, os pensamentos funcionam mutuamente na prática.

5.2.4 – Porosidade

317. PROFESSOR - *Vocês estão falando que a areia é como se fosse uma toalha, vocês jogam a água e ela enxuga?*
318. Aluno 5 – *é, um dia na praia, eu joguei água e a areia absorveu a água.*
319. PROFESSOR – *e para onde foi a água? Você jogou água na areia, onde a água ficou lá na areia?*
320. Aluno 2 – *dentro dos grãosinhos.*
321. Aluno 9 – *entre os grãosinhos.*
322. PROFESSOR – *Vocês estão falando entre os grãosinhos ou dentro dos grãosinhos.*
323. Alunos – *entre os grãosinhos.*
324. PROFESSOR – *entre os grãosinhos, certo?*
325. Alunos – *certo.*

No recorte acima, o professor busca detalhar como os alunos entendem o processo de infiltração ao citarem palavras como “*suga*”, “*absorve*”, “*entra*”, “*penetra*” ou “*agrupa*”. Na linha 317, o professor faz uma analogia entre infiltração e toalha “*sugando*” a água. Apesar de ser uma relação errada, o Aluno 5 responde afirmativamente e insere uma justificativa à resposta, linha 318.

O professor pretendia indícios do raciocínio e explicações dos alunos sobre a natureza das amostras de rochas. As respostas fornecem dados hipotéticos divergentes, pois o Aluno 2 defende que a água fica “*dentro dos grãosinhos*” enquanto o Aluno 9 afirma que fica “*entre os grãosinhos*”. Ambos referem-se às partículas de areia (fragmentos de rocha) que fazem parte da constituição das amostras 2 e 4.

A colocação do Aluno 2 é interpretada como idéia prévia, ou seja, a rocha engloba a água como se fosse uma toalha ou uma esponja. Trata-se de um pensamento estável e guiado pela percepção visual da criança. Por outro lado, o Aluno 9 defende que a água não reage com a areia da amostra, possivelmente permanece nos poros, ou seja, “*entre os grãosinhos*”, preenchendo-os.

Assinalamos que faltou uma intervenção melhor estruturada do professor nessa questão. As discussões poderiam seguir um caminho mais detalhado que ajudaria a desvendar a forma como esses alunos estão concebendo o comportamento da água dentro da rocha, bem como uniformizar a fala dos alunos por meio da validação ou refutação intersubjetiva dos dados.

326. *PROFESSOR – vamos voltar então a pensar nesse tipo aqui. Vocês falaram para o Professor que a água é absorvida por essa rocha e que ela está cheia de furinhos, não está?*

327. *Alunos – isso.*

328. *PROFESSOR – antes de jogar água, o que tinha nesses furinhos que tem aqui nessa rocha?*

329. *Alunos – areia.*

330. *Aluno 8 – eu acho que nada.*

331. *PROFESSOR – o que você acha Aluno 8?*

332. *Aluno 8 – nada.*

333. *FINAL*

Na linha 328, o professor retoma novamente a pergunta da linha 310 para tentar conduzir os alunos a pensarem sobre o que tinha nos poros da rocha antes da entrada de água. Esses diálogos ajudariam identificar ideias prévias sobre porosidade. De um lado, alguns alunos repetem a explicação dizendo que é areia, mas o Aluno 8 responde “*nada*”. Inclui no debate um dado hipotético baseando-se no senso comum de que o ar, por ser invisível, representa a ausência de matéria.

Logo na sequência, chega a hora do intervalo dos alunos e a aula é interrompida.

5.3 – Debates – segunda parte

Na volta do intervalo, o professor retoma as discussões que estavam se desenvolvendo para identificar ideias prévias que revelem as influências presentes no pensamento dos alunos. Pretendia, ainda, formar um entendimento mais científico de porosidade e permeabilidade que ajudasse a atingir o conceito de infiltração.

5.3.1 – Retomando a densidade

334. *PROFESSOR* – Olha, só para voltar onde nós estávamos. Vocês estavam falando, eu estou falando desses dois tipos aqui (amostras 2 e 4). Vocês já falaram que é um tipo de rocha mais leve.
335. *Aluno* _____ - *esfarela*.
336. *PROFESSOR* – *esfarela, ele vai soltando um material que vocês falaram que é parecido com terra e areia, vai desmanchando. Vocês falaram que ele absorve bastante água.*
337. *Aluno* _____ - *bem rápido*.
338. *PROFESSOR* – *Olha, vamos esclarecer algumas coisas que vocês falaram. Olha, por que essa pedra é mais leve? Fala Aluno 8.*
339. *Aluno 10* – *porque ela é cheia de furinhos e acho que o material que é feito dela é mais leve.*
340. *PROFESSOR* – *mais leve e também porque ela é cheia de...?*
341. *Aluno 8* – *de furinhos.*
342. *PROFESSOR* – *vamos falar dos furinhos. Outra coisa que vocês estavam em dúvida era o seguinte: o que tem nesses furinhos?*
343. *Aluno 10* – *ah, Professor, nada, só tem furinhos.*
344. *Aluno 8* - *acho eu já sei por que ela é mais leve. Porque eu reparei que ela é bem mais fina do que a outra mais amarelinha e ela é dessa cor. É por isso que ela é mais leve.*

Porque às vezes ela é feita daquele material, a areia mais fina é bem mais leve do que a outra.

Na linha 338, o professor procura retomar especificamente a questão da porosidade da amostra 4 ao tentar relacioná-la à densidade. Na linha seguinte 339, Aluno 10 justifica-se pela presença de “*furinhos*” na amostra e acaba apresentando uma hipótese dizendo que o “*material que é feito dela é mais leve*”.

Essa hipótese foi reforçada pelo Aluno 10 na linha 344, cujo pensamento desenvolve melhor o do colega. Defende que o motivo da diferença de peso é a granulação da areia, sendo menor na amostra 4 do que na amostra 2. O pensamento do aluno associa o tamanho do grão de areia à densidade: o peso da amostra é diretamente proporcional ao tamanho do grão de areia. O senso comum excluiu relações existentes entre peso, granulação e o volume da amostra, bem como minimizou a porosidade.

Nos linhas seguintes, o professor aprofunda essa discussão.

345. PROFESSOR – *Você acha que a areia fina é mais leve do que a areia grossa?*

346. Aluno 8 - *é.*

347. PROFESSOR – *se eu pegar um copo de areia fina e um copo de areia grossa.*

348. Aluno 8 - *a grossa vai pesar mais.*

349. PROFESSOR – *será?*

350. Aluno 8 - *uma quantidade de areia fina equivale a uma quantidade de areia grossa.*

351. PROFESSOR – *imaginem assim, imaginem areia fina e areia grossa. Se você pegar um copo e juntar. Se você juntar um copo de areia fina e um copo de areia grossa, vai ter diferença de peso? Não sei. Se você juntar um tantinho de areia grossa, um grão de areia grossa e o mesmo tanto de areia fina. Será que o peso vai ser diferente.*

352. Aluno 8 - *um grão de cada, não.*

353. PROFESSOR – *um grão de cada, a areia fina é bem menor, não é?*

354. Aluno 5 - *eu acho que um dedo de areia fina, ela vai se acumular e ocupar menos espaço, daí vai ter o mesmo tanto, dependendo da quantidade a areia fina fica mais.*

355. PROFESSOR – *e qual você acha que vai ser mais pesado?*

356. *Aluno 5 - elas vão ter o mesmo peso.*

Nas linhas 345 à 348, o professor procura confirmar a presença de uma ideia prévia que surgiu na fala da linha 339. Por essa ideia apresentada pelo Aluno 10, o menor peso na amostra 4 é devido à menor granulação e não à presença de um maior número de poros em relação à amostra 2. Nas linhas 346 e 348, os Alunos 8 e 10 confirmam esse pensamento.

Apesar de haver uma concordância entre os alunos, pois nenhum apresentou algum tipo de oposição, o professor indaga os alunos sobre a veracidade das afirmações, gerando a necessidade de apresentarem mais dados e justificativas. Na linha 351, o professor padroniza o volume de distintos materiais para que se diminua uma variável e favoreça a elucidação da questão, na tentativa de refutar a hipótese da linha 339 e introduzir uma contradição entre ideias que leve os alunos a repensarem suas posições.

Nas linhas 354 e 356, Aluno 5 apresenta outra hipótese, ainda que confusa, tenta explicar o seu pensamento no qual os dois tamanhos de grãos teriam o mesmo peso. Examinando essa hipótese mais detalhadamente, não há como afirmar se o aluno conseguiu estabelecer uma relação mais científica entre peso e porosidade, pois o professor não explorou o diálogo.

Nas falas do recorte acima, torna-se evidente a dificuldade dos alunos para entender porosidade e o ciclo da água. Processos que não envolvam observação direta tendem a gerar explicações fundamentadas no senso comum. A necessidade de abstraírem seus pensamentos, conjugada à falta de explicações científicas, impossibilita a criação de um pensamento relevante oposto a esse senso comum que satisfaça intelectualmente as ambições cognitivas dos alunos.

357. *Aluno 9 – a areia fina, eu já fiz um teste. A areia fina, quando eu coloco água nela, ela vai dissolver mais rápido. Na areia grossa, ela vai ficar umas pedrinhas. É por isso que a areia fina vai pesar menos, ela já dissolve tudo na água, a areia fina.*

358. *PROFESSOR – como assim dissolve. Como o sal dissolve na água?*

359. *Aluno 9 – é. E areia grossa já não dissolve tudo.*

360. *PROFESSOR – areia dissolve na água? Não.*

361. Aluno 9 – mas não completamente, mas ela dissolve um pouco. A areia grossa fica umas pedrinhas.

Continuando a discussão, o Aluno 9 apresenta outra hipótese na linha 357. Seu conhecimento prévio mostra que a areia fina é mais leve devido à “*dissolução*” de parte do material, ao contrário do que ocorre com areia grossa (linha 359). O aluno utilizou uma observação muito comum dentro de casa e difundido em aulas de Ciências: a dissolução de sal pela água. Explicar porquê dependeu de percepção visual gerada quando se joga uma porção de areia ou terra, insolúveis, em um recipiente contendo água: o material mais fino tende a ficar em suspensão na água, enquanto que os grãos maiores se depositam no fundo do recipiente. Portanto, os alunos utilizam conhecimentos prévios em suas explicações.

O Aluno 9 avança pouco seu conceito de densidade, mantém onexo entre *peso* e tamanho de grãos de areia. O professor não conseguiu desenvolver esse assunto com os alunos. O professor resolveu encerrar o assunto para tratar outras dimensões e dificuldades presentes nos debates.

5.3.2 – Retomando a porosidade

362. PROFESSOR – o que pode acontecer é o seguinte: se você jogar areia num copo com água, a água vai para o fundo, ela não é dissolvida. O que pode acontecer é se a areia for muito fininha, você vai ver que a cor da água vai mudar, porque um pouco vai ficar suspenso no meio da água, mas não é que foi absorvida. Vamos voltar aqui, enquanto a gente não terminar isso não vai dar para a gente avançar. Olha, vamos pensar: o caminho é o que o Aluno 8 estava falando. Os espaços vazios por onde a água penetra aqui. Vamos pensar o seguinte: vocês imaginam o que pode ter dentro desses espaços que tem aqui?

363. Aluno 8 – eu acho que pode ter alguns pedaços do próprio material dela.

364. PROFESSOR – pode ter pedaços do próprio material.

365. ALUNO 9 - pode ter o ar que penetra e os pedaços do material.

366. *Aluno 8 - Professor, também pode ter água acumulada.*

Na linha inicial do recorte acima (linha 362), o professor muda o foco da discussão na tentativa de conseguir descrições mais detalhadas dos poros das amostras.

O Aluno 8, na linha 363, mostra uma característica importante das ideias prévias dos alunos, que também acha-se presente no Aluno 9 (linha 365). Seus pensamentos aparentemente são incoerentes com explicações científicas acerca da infiltração da água, pois citam que nos poros das rochas existem materiais sólidos além de água e ar. Para uma mesma amostra, há nessa perspectiva, duas características distintas: impermeabilidade e permeabilidade. Permeável, porque há o reconhecimento de que a água, por observação direta da experimentação, infiltrou na amostra, e impermeável devido à afirmação de que os poros da amostra encontram-se preenchidos por materiais sólidos que o “*tampariam*”, impossibilitando a circulação da água na amostra. Esses aspectos revelam dificuldades de conceber corretamente certa dimensão sem observação direta.

A união dessas características distintas em uma mesma rocha mostra-se incoerente para a forma de pensar concordante com noções geológicas, porém na forma como as crianças concebem o mundo, essas ideias conjugadas conseguem explicar os fenômenos observados, satisfazendo muito bem as ambições cognitivas sem criar conflitos que façam com que se duvide dessa forma de pensar.

367. *PROFESSOR – pode ter água. A água que vocês jogaram aqui foi para onde?*

368. *Aluno _____ - para o centro.*

369. *Aluno _____ - para o fundo.*

370. *PROFESSOR – por onde que ela chegou até o meio da rocha?*

371. *Aluno _____ - pelos buraquinhos.*

372. *PROFESSOR – pelos buraquinhos, pelos buracos.*

373. *Aluno _____ - Professor, mas e se não tivesse buraquinho?*

374. *PROFESSOR – meninas, o que vocês acham que tinha nesses buraquinhos, antes de ter água, o que tinha antes? Fala Aluno 8.*

375. Aluno 8 – sei lá, acho que o próprio material.

376. Aluno 9 - o ar é o mais provável.

377. PROFESSOR – por que você acha que é mais provável?

378. Aluno 9 – porque se tivesse pedaço do próprio material, como iria penetrar a água.

Na tentativa de conduzir os alunos ao entendimento científico, o professor muda sua estratégia de utilizar dados já apresentados pelos alunos, trazendo novos questionamentos para a discussão. Na linha 367, questiona sobre o local para onde a água infiltra e se armazena dentro da amostra. Na linha 370 o questionamento é para esclarecer como essa água chegou até o seu destino. A intenção era explorar as noções dos alunos a respeito da porosidade e da permeabilidade das amostras.

Surge uma série de justificativas que culmina em uma hipótese na linha 376, na qual o Aluno 9 retorna à ideia da linha 365 e reafirma que a água ocupou “*espaços vazios*”, antes preenchido pelo ar: “... *ar é o mais provável*.” Para justificar seu ponto de vista, advoga na linha 378: “... *porque se tivesse pedaço do próprio material, como iria penetrar a água*.”

Pela fala do aluno, houve a necessidade de combater sua incoerência na linha 365, na qual afirmava apoiado pelo pensamento de seus colegas, que uma mesma rocha poderia apresentar comportamentos diferentes como impermeabilidade e permeabilidade. Nessa nova intervenção, o aluno elimina a possibilidade da presença de materiais sólidos no interior dos poros. Mas essa mudança repentina apresentada não é garantia da substituição de ideias prévias, observa-se que estas continuam a interagir com as novas informações, e dependendo da situação, podem ser utilizadas como alternativa se houver uma dúvida sem explicação satisfatória.

379. PROFESSOR – ah, vocês estão vendo o que ele falou! Ouviu Aluno 2. Se tivesse então o próprio material dentro do buraquinho, de que jeito a água iria conseguir passar? Aluno 9, explica melhor: quando vocês jogam a água, o que acontece com o ar?

380. Aluno 9 – o ar vai sair e é por isso que a água vai penetrar na rocha.

381. PROFESSOR – ah, então o ar vai sair e a água?

382. Aluno 9 – *penetra.*
383. PROFESSOR – *a água penetra por esse espaço.*
384. Aluno 8 – *ela falou que quando tem o próprio material, não entra água, mas a água pode passar se o material for bem pequeno.*
385. PROFESSOR – *tudo bem, pode passar, mas se o material tampar todo o burquinho, o que acontece? Fala Aluno 1.*
386. Aluno 1 – *ah, Professor, se tampar os burquinhos, a água vai ficar no subsolo, a água não vai descer.*
387. Aluno 8 - *no solo e não no subsolo.*
388. Aluno 1 – *á ela vai ficar em cima e vai escorrer.*
389. PROFESSOR – *ela vai ficar em cima e vai escorrer. Então, vai acontecer igual aconteceu com outro tipo de rocha? Com qual?*
390. Aluno 8 - *com a número um.*

Na continuidade das discussões, o professor solicita que o Aluno 9 desenvolva melhor sua hipótese e ele justifica na linha 380 com a suposição de que “*o ar vai sair...*” referindo-se à substituição desse ar pela água que foi jogada na amostra. Na mesma fala, o aluno conclui dizendo que “*... e é por isso que a água vai penetrar na rocha*”.

Nessa colocação do aluno, há indícios mais detalhados de como a água é armazenada e circula no reservatório subterrâneo. Esse pensamento conseguiu explicar o porquê a água consegue se movimentar em meios porosos, substituindo o ar que sai, e que se não ocorrer a substituição de uma matéria por outra, não há infiltração. Trata-se do conhecimento mais elaborado de permeabilidade alcançado até então.

Nota-se, ainda, que o aluno abandona certas terminologias que estavam sendo utilizadas para se referir à infiltração, tais como “*absorve*” ou “*suga*”, adota as palavras “*penetrar*” (linha 380) e “*entrar*” (linha 382) indicando uma modificação no modo de pensar a respeito da porosidade e da permeabilidade da amostra. Suas falas anteriores indicavam exclusivamente um comportamento similar a esponja ou toalha, mas gradualmente foi substituída pelo preenchimento dos poros pela água.

Outra mudança na interpretação dos alunos é observada na fala do Aluno 8 na linha 384, pois difere de sua opinião da linha 295. Nessa nova fala, o Aluno 8 utiliza parte do pensamento de seu colega Aluno 9 e afirma que se o material for pequeno, não tamparia totalmente e poderia passar água. Essa situação pode ser interpretada pela possível percepção do aluno de que para se ter permeabilidade é necessário que se tenha a presença de poros mesmo que estes sejam de dimensões pequenas.

Nesse momento, há certo consenso entre os alunos a respeito desse assunto, revelado nas falas do Aluno 1 nos linhas 386 e 388. Percebe-se que os alunos admitiram a necessidade da presença de poros para possibilitar a infiltração da água. O pensamento do Aluno 8 sofreu mudanças ao longo da discussão por intermédio do professor e a participação de outros alunos.

Os alunos compreenderam que há ligação entre espaços vazios e infiltração. As falas revelam que os alunos perceberam que não há possibilidade de infiltração sem a presença de espaços vazios.

5.3.3 – Permeabilidade

391. Aluno 9 – Professor, se a rocha não fosse feita desse material, fosse feita de outro material que nem as outras rochas, não iria penetrar a água.

392. PROFESSOR – por que não iria penetrar?

393. Aluno 9 – por causa dos furinhos que não iria ter.

394. PROFESSOR – que não tem. Certo. Como é que chama a rocha que a água consegue entrar, penetrar?

395. Alunos - permeável.

396. PROFESSOR – e as que não conseguem?

397. Alunos - impermeável.

398. PROFESSOR - essa rocha é feita do que, que vocês viram que o material está se desmanchando?

399. Alunos - areia.

400. PROFESSOR – *não parece que é grãozinho de areia. E por que a água não penetra tão bem nessa quanto nessa? Fala Aluno 9.*
401. Aluno 9 – *porque a areia dessa [amostra 2] é mais grossa e não vai deixar penetrar. A fina já vai fissurar mais um pouco da água.*
402. Aluno 8 - *eu acho que os materiais dali [amostra 2] estão mais juntos.*
403. PROFESSOR – *como você pode comprovar que nesse material, os grãos estão mais juntos?*
404. Aluno 8 - *porque ela pode até absorver a água, mas não absorve tanto quanto a outra.*
405. PROFESSOR – *porque ela absorve menos.*
406. Aluno 9 - *se a gente jogar água na terra, a terra enxuga mais a água.*

Na linha 391, o Aluno 9 apresenta uma hipótese: “...se a rocha não fosse feita desse material, fosse feita de outro material que nem as outras rochas, não iria penetrar a água.”. Nessa hipótese, o aluno relaciona infiltração ao tipo de material que compõe a rocha. Caso esse material não tenha poros, não haverá infiltração conforme foi observado nas amostras 1, 3 e 5.

Aproveitando a afirmação do Aluno 9, o professor procura descrever porosidade e relacioná-la aos tipos de materiais que formam as rochas, bem como determinar quais amostras são mais permeáveis e menos permeáveis. O Aluno 9 e seu colega Aluno 8 (linhas 401 e 402) apresentam justificativas para a diferente porosidade das amostras 2 e 4, a partir das diferenças entre essas amostras.

O pensamento do Aluno 9, que será detalhado mais adiante, sugere que grãos maiores dificultam a penetração da água e que grãos menores facilitariam o processo. Já Aluno 8 relaciona a diferença observada entre as duas amostras com a compactação do material, afirmando que os grãos de areia estão mais próximos uns dos outros na amostra 2, diminuindo o tamanho dos poros.

O professor (linha 403) solicita mais dados para o Aluno 8. Este responde associando permeabilidade ao tamanho dos poros, não ao tamanho dos grãos como o Aluno 9 explicou. Ambos operam com raciocínios hipotéticos e assinalamos o termo “*absorve*” usado pelo Aluno 8. Mas as justificativas não foram discutidas e, portanto, não se percebe se há diferenças entre elas.

407. Aluno 8 – *Professor, às vezes, têm outros tipos de material também que pode tampar ou fazer alguns outros buraquinhos e também para juntar, tipo, se for formada de terra, às vezes, tem algum outro material que junta.*
408. PROFESSOR – *fala de novo, para todo mundo ouvir, presta atenção! Você está falando da diferença dos dois, não é?*
409. Aluno 8 – *é. Você não estava falando que tinha uma que é impermeável que ...*
410. PROFESSOR – *que a água penetra mais rápido e o outro tem mais dificuldade.*
411. Aluno 8 – *é, que demora mais e é formada da mesma coisa, não é?*
412. PROFESSOR – *é.*
413. Aluno 8 – *então, às vezes, tem um outro material que faz essa diferença.*
414. PROFESSOR – *mas, qual que você acha que tem esse material, qual delas?*
415. Aluno 8 – *essa.*
416. PROFESSOR – *a amostra número dois que a água penetra com mais dificuldade. Você viu o material?*
417. Aluno 8 – *não.*
418. PROFESSOR – *vocês não viram o material? Não? Então, vocês estão falando assim que vocês acham que esse daqui é diferente porque a água penetra mais devagar. Aí a Aluno 8 já colocou mais uma coisinha, falando que deve ter alguma coisa que dificulta o quê?*
419. Aluno 8 – *a passagem da água.*
420. PROFESSOR – *a passagem da água. O que será que é?*

Na linha 407, Aluno 8 lança uma hipótese sugerindo a existência de algum material que segundo ele “... *pode tampar ou fazer alguns outros buraquinhos e também para juntar, tipo, se for formada de terra, às vezes, tem algum outro material que junta.*”, justificando sua explicação da linha 413. Entre essas duas falas, o aluno utiliza dados já discutidos e validados pelo grupo na discussão.

A fala do aluno sugere que o tamanho menor dos poros da amostra 2 do que da 4 envolveria outra variável: a natureza do material. Propõe que as duas rochas são formadas pelo mesmo material (“pela mesma coisa”), mas para explicar a diferença de permeabilidade recorre

ao tamanho dos grãos. Apesar disso, levanta a hipótese que as propriedades porosidade e permeabilidade podem estar associadas a um elemento extra (não explicitado pela fala), mas que poderia interferir nas características das amostras (o tipo de material rochoso envolvido ou a presença de cimento¹⁵ entre os grãos).

Aos poucos, os alunos vão entendendo os conceitos de permeabilidade e porosidade, bem como vão identificando algumas variáveis da infiltração. Ao mesmo tempo, percebem-se dificuldades cognitivas dos alunos.

421. *Aluno 8 - Professor, eu sei, é porque esse daqui não tem o mesmo tipo de areia que esse.*
422. *PROFESSOR – tudo bem, esse aqui tem areia um pouquinho maior que do que essa, mas tem outra coisa mais importante.*
423. *Aluno 8 - é o furinho.*
424. *PROFESSOR – aqui não tem furinho?*
425. *Aluno 9 - tem, só que não penetra completamente a água.*
426. *PROFESSOR – tem mais dificuldade. Vocês acham qual tem mais furinhos: o dois ou o quatro?*
427. *PROFESSOR – por que é o número quatro?*
428. *Aluno 1 – porque ele é mais leve.*
429. *PROFESSOR – porque ele é mais leve, isso é verdade, ele é mais leve. Tem outra coisa, fala Aluno 8.*
430. *Aluno 8 – porque a água penetra mais rápido.*
431. *PROFESSOR – porque a água penetra com mais facilidade. Fala Aluno 6.*
432. *Aluno 6 – porque é menos resistente, o quatro.*
433. *PROFESSOR – porque ele é menos resistente que esse. Por que o quatro é menos resistente?*
434. *Aluno _____ - porque o material é mais frágil.*
435. *PROFESSOR – e por que o material é mais frágil?*

¹⁵ Os alunos observam a presença de cimento nas amostras permeáveis. Cimento natural é composto por substâncias presentes em soluções aquosas que precipitam nos poros das rochas, em um processo conhecido por diagênese, responsável por transformar sedimentos inconsolidados em rochas sedimentares (Gianinni 2000).

436. *Aluno 2 - tem alguma coisa que fez ficar mais duro.*
437. *PROFESSOR – tem alguma coisa que fez ficar mais duro, o que será essa coisa?*
438. *Aluno 2 - eu acho que tem tipo um cimento que faz com que não penetre.*
439. *PROFESSOR – vocês ouviram? O que ele falou Aluno 5?*
440. *Aluno 5 – que tem um tipo de cimento e é por isso que não penetra.*

No recorte acima, os alunos enumeram várias hipóteses para explicarem a diferença da porosidade e da permeabilidade entre as amostras 2 e 4. A participação do professor é decisiva para orientar e induzir as discussões guiando os alunos para reforçar informações presentes e já discutidas e evitar desvios que afastem o entendimento da dimensão subterrânea do ciclo da água.

Na linha 438, o Aluno 2 lança uma hipótese dizendo “... *que tem tipo um cimento que faz com que não penetre.*”. Nesse momento, os alunos identificam o comportamento do material citado anteriormente pelo Aluno 8 nas linhas 407 e 413, caracterizando-o como um “*cimento*” algo que dificulta a passagem da água entre os poros.

441. *PROFESSOR – fala Aluno 8.*
442. *Aluno 8 – e também, elas que olharam pela lupa, elas falaram que tem os cristaizinhos, pode ser os cristais que estão contando a passagem da água.*
443. *PROFESSOR – então, mas o cristalzinho que vocês vêem nada mais é do que os grãozinhos de areia. Olha só, isso aqui é formado por areia e esse daqui também. Se eu pegar esse daqui e jogar no chão, ele vai?*
444. *Aluno 1 - estourar.*
445. *PROFESSOR – e esse daqui? Ele até quebra, solta uns pedacinhos, mas pedacinhos muito pequenos. Praticamente é muito difícil de quebrar. Olha essa ponta aqui, é fácil de arrancar, mas por que não sai?*
446. *Aluno 1 - porque os materiais de que ele é feito são mais juntos.*
447. *PROFESSOR – se você pegar areia juntar e juntar, depois você pega e quebra a areia fácil. Então não é só isso. Está faltando uma coisa que o Aluno 2 falou. Está faltando um tipo de material que está entre o quê? Explica no meu lugar, Aluno 2.*

448. Aluno 2 – *existe um material que deve ser tipo igual a cimento que no meio do grão de areia faz com que a água não penetre.*
449. PROFESSOR – *vocês estão vendo, vocês ouviram? Além de não fazer a água penetrar ou dificultar...*
450. Aluno 2 – *ele faz a rocha ficar mais dura.*
451. PROFESSOR – *faz a rocha ficar mais dura, mais resistente. Então, olha, qual que tem cimento? A dois ou a quatro?*
452. Alunos - *a dois.*
453. PROFESSOR – *a quatro tem cimento?*
454. Aluno 8 - *pode até ter, mas bem pouco.*
455. PROFESSOR – *por que você fala que pode até ter?*
456. Aluno 8 – *porque tem uma parte como essa branca, se você joga ela não parte.*
457. PROFESSOR – *olha só, a mesma parte que não é branca. Ela não se desfaz quando é jogada.*
458. Aluno 8 – *e também, se você joga com força e joga água, ela vai ficar menos resistente, ela vai quebrar e fora isso, ela vem com um pouco, porque ela não quebra, se você jogar assim fraco.*
459. PROFESSOR – *então, ela tem cimento?*
460. Aluno 8 – *tem.*
461. PROFESSOR – *mas muito?*
462. Aluno 8 – *não, pouco.*
463. PROFESSOR – *ela tem cimento também, mas é pouco.*

Para mostrar a presença desse cimento natural, o professor pede que os alunos desenvolvam justificativas. Na linha 448, Aluno 2 desenvolve melhor sua ideia a respeito do cimento natural pela afirmação “*existe um material que deve ser tipo igual a cimento que no meio dos grãos de areia faz com que a água não penetre*”. Pela fala, o aluno fornece indícios de onde se situa o cimento nas amostras e qual é a sua interferência no comportamento da água. Remete a um entendimento mais científico de porosidade e permeabilidade, pois se supõe que o aluno vislumbrou determinadas características do reservatório subterrâneo que não podem ser

observados diretamente. Mas a real localização desse cimento na amostra não é clara: se realmente está localizada entre os grãos de areia, ou no interior dos grãos de areia.

Na linha 450, o aluno apresenta outra justificativa para explicar a presença do cimento, a resistência mecânica da amostra. Tal nexos pode ser atribuído a observações cotidianas sobre uso do cimento na construção civil.

Nas linhas seguintes, os alunos relacionam a quantidade de cimento nas amostras 2 e 4 e mostram suas impressões dos experimentos.

464. Aluno 5 - qual é o nome desse cimento?

465. PROFESSOR – então, o Professor não sabe como é que chama esse cimento. O Professor sabe que ele existe, mas não sabe o nome. O principal, deu para esclarecer um pouco, apesar de parecerem semelhantes eles são um pouco diferentes? Em relação aos números um, três e cinco, eles são parecidos esses dois com aqueles lá?

466. Aluno 9 - não, bem diferentes.

467. PROFESSOR – por que eles são bem diferentes?

468. Aluno 9 - por causa da substância que eles são compostos.

469. PROFESSOR – que substâncias eles são compostos?

470. Aluno 9 - areia e cimento.

Na linha 465, o professor resolve fazer com que seus alunos tenham diferenças entre as amostras de rochas impermeáveis (1, 3 e 5) com as amostras de rochas permeáveis (2 e 4). O Aluno 9 afirma que são diferentes e justifica-se na linha 468 pela diferença dos constituintes das rochas, fornecendo o dado gerado pelas suas observações, e pela resposta na linha 470, dizendo “areia e cimento”.

5.3.4 – Comparando amostras permeáveis e impermeáveis

O professor indaga seus alunos na linha 471 para apontarem características referente à porosidade (linha 472) e permeabilidade (linha 474).

471. PROFESSOR – *e aqueles não tem. Fala Aluno 8 há mais alguma coisa que eles são diferentes dos outros ali? Por que o número dois e número quatro são diferentes? Só por causa do material que eles são formados?*
472. Aluno 10 – *e por causa dos buraquinhos que tem.*
473. PROFESSOR – *que absorve água por causa dos buraquinhos, isso. Tudo bem, gente?*
474. Aluno 8 – *ou às vezes pelos buraquinhos que tem e é por isso que pode ajudar penetrar água na rocha.*
475. PROFESSOR – *principalmente o número quatro, porque no número dois tem os buraquinhos?*
476. Aluno 8 – *tem, mas não tem muito ar ou outras substâncias para ajudar a empurrar a água.*

Na linha 472, o Aluno 10 justifica a diferença pela presença de “buraquinhos”, evidenciando a presença de poros nas rochas permeáveis. Já o Aluno 8 na linha 474 utiliza-se dessa justificativa e conclui dizendo que a presença de poros ajuda a água a “penetrar na rocha”, evidenciando a percepção da relação entre porosidade e permeabilidade do material. Na linha 476, o aluno foi incitado pelo professor (linha 475) a mostrar a diferença apenas entre as amostras 2 e 4, respondendo que a amostra 2 “tem, mas não tem muito ar ou outras substâncias para ajudar a empurrar a água.”.

Apesar da fala não ter fundamento na atividade, percebe-se que a amostra que apresenta a porosidade menor não facilita a circulação da água. Percebe-se que gradualmente, as crianças vão abandonando algumas ideias prévias que as acompanham, adquirindo linguagens e concepções mais adequadas ao conhecimento científico.

477. PROFESSOR – Agora, a pergunta que vocês tinham falado. A pergunta do Professor, vamos ver se vocês entenderam. Vou perguntar para uma pessoa. Aluno 4, então você sabe que a água penetra dentro dessa rocha e onde a água fica aqui dentro?
478. Aluno 4 – eu não sei explicar.
479. PROFESSOR – tenta explicar.
480. Aluno 4 – ela vai passando pelos buracos e vai chegar no centro.
481. PROFESSOR – mas tem alguma coisa no centro onde ela fica?
482. Aluno 4 – não.
483. PROFESSOR – ela vai passar pelo centro, tudo bem, mas como ela fica aqui dentro, a água? Vocês jogaram água aqui, não jogaram? A água está onde? A água continua aqui dentro? A água continua dentro dessa rocha?
484. Aluno 8 – continua, só que.
485. PROFESSOR – e onde ela está agora, Aluno 4? Não assim se está embaixo, se está em cima, se está de um lado ou do outro. O Professor quer saber, ela está dentro, mas como ela está dentro dessa rocha? Em que lugar ela está?
486. Aluno 8 – Professor, eu acho que tem duas opções: ela pode estar acumulada nesses buraquinhos ou senão dentro das pedrinhas de areia.
487. PROFESSOR – você acha então que a pedra de areia, o grãozinho de areia absorve a água?
488. Aluno 8 – pode ser ou senão pode ficar dentro dos buraquinhos.
489. Aluno 10 - eu acho que passa pelos buraquinhos e a água fica dentro dos buraquinhos e a outra parte vai descendo até a parte branca, que é a mais dura, e fica lá.
490. PROFESSOR – e ela não consegue passar a parte branca?
491. Aluno 10 - é. Pode até passar, mas bem devagarzinho.
492. PROFESSOR – por que você acha que ela tem mais dificuldade de passar pela parte branca?
493. Aluno 10 - porque não tem tantos buraquinhos juntos. E pode evaporar também.

A partir da linha 477, o professor aprofunda a discussão pedindo para os alunos menos participativos que interajam expressando suas considerações. Um dele é o Aluno 4, que ao ser

questionado onde a água fica armazenada dentro da amostra 4, afirma que esta passa pelos buracos e chega até o centro (linha 480).

Aluno 8 apresenta duas hipóteses para responder a mesma pergunta e explicar como a água permanece armazenada dentro da rocha. Sua fala demonstra a coexistência de duas concepções a respeito de porosidade. Uma é diretamente influenciada pelas discussões e observações, pois afirma que a água fica dentro dos poros: “*pode estar acumulada nesses buraquinhos...*”, influenciada principalmente pelo professor. Contudo, sua segunda concepção a respeito da porosidade é diretamente influenciada pelas ideias prévias que permanecem: “... *ou senão dentro das pedrinhas de areia*”. Essa coexistência sugere a dificuldade de substituir ideias prévias por conceitos universais e aclara problemas cognitivos associados à aprendizagem do ciclo da água.

O Aluno 10 nas linhas 489, 491 e 493 demonstra um conhecimento mais próximo dos conceitos científicos se comparado ao Aluno 8. Na linha 489, ele afirma que a água fica dentro dos buraquinhos, não fazendo referência à “absorção”, e ainda fornece outro dado importante demonstrando a circulação da água na amostra, ao afirmar que a água desce até a “*parte mais branca que é mais dura*”. Nas suas falas seguintes (linhas 491 e 493) ele justifica-se dizendo que nessa parte branca a água tem uma maior dificuldade em atravessar “*porque não tem tantos buraquinhos juntos*”.

Apesar do reconhecimento de um novo elemento (cimento natural) presente nas amostras 2 e 4, este desaparece das respostas. Nessa parte da discussão, percebe-se a singularidade dos pensamentos dos alunos para interpretarem suas observações. Atrás de sua observação, carregam consigo vivências anteriores que influenciam suas interpretações nas situações de aprendizagem. Mas, por outro lado, é notável como as discussões acabam aproximando as falas dos alunos, que adquirem e incorporam as informações que aparecem no decorrer da discussão. Isso sugere interação e intercâmbio de conceitos. Outro fato importante é o progressivo avanço para explicações científicas justificadas com dados empíricos e suposições.

5.3.5 – Analogia com Esponja

494. PROFESSOR – *Você não falou nada, quer falar? Não, e você Aluno 6? Como você acha que fica?*
495. Aluno 6 – *é como o Aluno 8 falou, ele fica vasculhando dentro e a terra absorve ele.*
496. PROFESSOR – *como assim a terra absorve ele?*
497. Aluno 6 – *igual o Aluno 8 falou: ele pode estar vasculhando entre as pedrinhas ou as pedrinhas podem absorver ele. Mais provável que o material absorve.*
498. PROFESSOR – *você acha que o mais provável que o material absorve. Quem pode explicar direito para o Professor, como é que esse material absorve? Fala Aluno 9.*
499. Aluno 9 – *que nem a parte branca, ela pode ter umas pedrinhas e ter absorvido ele.*
500. PROFESSOR – *mas como é esse absorver que vocês falam.*
501. Aluno 9 – *é ter sugado toda a água para dentro da pedrinha.*
502. PROFESSOR – *a água vai para dentro da pedra?*
503. Aluno 9 – *é.*
504. PROFESSOR – *fala Aluno 2.*
505. Aluno 2 – *eu acho que fica dentro do buraco ou vasculhando.*
506. PROFESSOR – *o que é vasculhando?*
507. Aluno 2 – *passando entre, Professor.*
508. PROFESSOR – *ah, ele fica se movimentando entre as pedrinhas.*

Outro aluno que entra na discussão é Aluno 6, que na linha 495, apoiado explicitamente na fala de Aluno 8 (linha 486), afirma que a água fica “*vasculhando*” dentro da amostra. O termo *vasculhando* é utilizado também por seu colega Aluno 2, que na linha 507 explica que esse termo é o movimento da água “*passando entre*”, ou seja, a consideração que a água se movimenta dentro da amostra, identificando a permeabilidade.

Porém ainda em sua fala, Aluno 6, assim como Aluno 8 na linha 486, concebe que a areia absorve a água, justificando seu pensamento na linha 497: “*igual a Aluno 8 falou: ele pode estar vasculhando entre as pedrinhas ou as pedrinhas podem absorver ele. Mais provável que o material absorve.*”

Para melhor entender essa colocação de seus alunos, o professor questiona como funciona esse absorve utilizado por eles (linha 498). Aluno 9 justifica na linha 501 dizendo que a água absorvida vai para dentro da “pedrinha” mostrando a ideia prévia, que aparece desde o início das discussões, onde é feita uma analogia da rocha com toalha ou esponja exibindo o pensamento guiado pelo senso comum.

É observável a diferença de concepções que nesse momento se apresenta nas discussões. Duas concepções se confrontam nos pensamentos dos alunos podendo em alguns momentos coexistirem. Essas concepções podem ser destacadas na fala do Aluno 8 na linha 486 ou nas falas do Aluno 9 nas linhas 499 e 501 mais próximas do senso comum, e na fala do Aluno 2 (linha 495) e do Aluno 8 (linha 489) mais próximas de explicações científicas.

509. Aluno 5 – a água fica dentro dessa pedra?

510. PROFESSOR – é isso que eu queria saber também. Aluno 5, fala qual é a sua dúvida. Você acha que não tem como ficar dentro do grãozinho?

511. Aluno 5 – é, como vai ficar lá dentro?

512. Aluno 8 – eu acho que dos grãozinhos que absorvem têm mais furinhos mais pequenininhos ainda.

513. PROFESSOR – furinhos mais pequenininhos. Olha, eu vou pegar então essa daqui, a número um. Esse material da número um, ele é permeável ou é impermeável?

514. Alunos – impermeável.

515. PROFESSOR – ele tem furinhos?

516. Aluno 10 – pode até ter, mas não suga a água.

517. PROFESSOR – então, não é furinho como do número quatro. Vocês imaginem assim: se eu pegar isso daqui, essa pedra que está desse tamanho e diminuir o tamanho até ficar do tamanho de um grão de areia.

518. Aluno 10 – mesmo assim, não vai sugar a água, porque vai ter o mesmo material.

519. Aluno 9 – às vezes pode, porque você mesmo falou que pode ter até furinho, às vezes tem.

520. Aluno 10 – *pode até ter, mas não vai ter como sugar a água, porque vai ser do mesmo material. Tem que ter alguns furinhos, pelo menos, mas a água não penetra, por causa do tipo de material que é feito.*

521. Aluno 9 – *mas depende do tamanho dela.*

522. PROFESSOR – *fala Aluno 8.*

523. Aluno 8 – *eu acho que pode até não ter furinhos, mas eu acho que pode ter no fundo bastante bem pequenininho que vai guardando a água e é por isso que quando a gente molha, ela fica meio molhada, se fosse lisa igual aquela lá, aí a água iria escorrer.*

Nas linhas 509 e 511, o Aluno 5 contesta essa visão menos científica de seus colegas e questiona como a água pode ser absorvida pela areia e “*ficar lá dentro*”. Essa rejeição mostra que a concepção apresentada pelos colegas não conseguiu satisfazer suas expectativas, indicando que a explicação não é aceitável, o que o leva a pedir uma justificativa mais clara. Nesse momento, inicia-se uma interessante disputa entre as duas concepções, que demonstram, guardadas as devidas proporções, o funcionamento da ciência e a forma como socialmente são construídas e validadas as explicações.

Aluno 8, na linha 512, justifica-se comparando o grão de areia como se fosse a amostra 4 como um todo, ou seja, o aluno concebe que o comportamento que essa amostra apresentou na experimentação se repete em cada grão de areia, que justifica o comportamento desse grão absorvendo a água.

Na tentativa de contrapor esse pensamento, na linha 513 o professor procura mostrar que o grão de areia é impermeável, assim como a amostra 1. Com isso tentou fazer uma analogia diferente da realizada pelo aluno. Essa intervenção é fortalecida pelas afirmações do Aluno 10 nos linhas 516 e 518, que demonstra entender que o grão de areia possui um comportamento diferente do todo formado pela amostra 4.

Mas essa visão apresenta resistência por parte de Aluno 9 e Aluno 8 que discordam do Aluno 10 (linhas 518 ~ 523). Para esses alunos o grão de areia possui pequenos furos, mesmo que muito pequenos, por onde é possível a água penetrar. De outro lado, o Aluno 10 defende que a natureza da matéria da amostra 1 impossibilitaria essa permeabilidade, mesmo que reduzida ao tamanho do grão de areia, porque essa rocha é constituída de outro material.

524. PROFESSOR – *Num grãozinho de areia pequenininho, você acha que a água entra dentro do grãozinho de areia, Aluno 8?*
525. Aluno 9 – *pode até entrar, como você falou.*
526. Aluno 8 – *se a terra absorve a água normal, eu acho que os grãozinhos podem absorver a água.*
527. PROFESSOR – *quando a terra absorve a água, para onde vai a água?*
528. Aluno 8 – *para dentro dos grãos.*
529. PROFESSOR – *para dentro dos grãos?*
530. Aluno 8 – *é assim: quando a pedra absorve a água, às vezes não fica vasculhando?*
531. PROFESSOR – *vasculhando não, fica se movimentando.*
532. Aluno 8 – *quando entra dentro dos grãozinhos acontece a mesma coisa, eu acho.*

No recorte acima, o professor busca entender mais detalhadamente a questão levantada nos recortes anteriores a respeito de como a água fica no interior das rochas. Observam-se novas justificativas utilizadas pelo Aluno 8 para manter sua posição. Nas linhas 526, 530 e 532, o aluno reafirma que o grão de areia é permeável, admitindo que a infiltração da água na amostra 4 acontece da mesma forma em cada grão que a constitui.

Essa ideia prévia tem se mostrado estável no pensamento dos alunos Aluno 8 e Aluno 9, apesar de anteriormente apresentarem indicações que pudessem entender o processo de infiltração com elementos mais próximos de explicações científicas. Nesse momento, os alunos não descartam a existência da porosidade e da permeabilidade, mas construíram um entendimento pouco científico de infiltração para parcela do fenômeno em que não foi possível a observação direta.

5.3.5 - Algumas considerações sobre o encerramento da aula

Na parte final da aula, o professor procura encerrar com as conclusões alcançadas pelos alunos.

533. PROFESSOR - Aluno 4, o principal que você aprendeu hoje aqui? O que você aprendeu hoje aqui?
534. Aluno 4 – aprendi que cada tipo de rocha formada por materiais diferentes e quando entra em contato com a água fica mais dura, essas coisas.
535. PROFESSOR – fala Aluno 8.
536. Aluno 8 – Professor, pode ver que aquela [amostra 4] na hora quando quebrou ela está úmida.
537. PROFESSOR – e essa umidade é o quê?
538. Alunos – água.
539. PROFESSOR – água que está onde?
540. Aluno 10 – eu descobri como é que passa a água do solo até chegar de volta.
541. PROFESSOR – fala Aluno 8.
542. Aluno 8 – Professor, eles falaram dos brilhinhos que tem nessa pedra, mas nessa aqui também tem, agora que eu quebrei.
543. PROFESSOR – tem porque é formada por materiais parecidos. Aluno 5, você quer falar alguma coisa? Qual é o motivo daquela pedra número dois, por que é mais difícil da água entrar nela?
544. Aluno 5 – por causa de ser feito de outro material e conter alguma substância ou cimento natural ou outros que servem para não penetrar.
545. PROFESSOR – isso. Espera aí, gente, que o Professor tem que controlar o tempo. Fala Aluno 11, só você, vai. Fala alto.
546. Aluno 11 – eu descobri a composição das rochas e que cada uma tem diferentes tipos de materiais.

Algumas considerações importantes foram realizadas no recorte acima. Nas linhas 536 até 538, a partir da fala de Aluno 8 percebe-se um entendimento que dentro da amostra citada existe a presença de água. Essa percepção foi conseguida pela quebra que essa amostra sofreu, exibindo no seu interior uma alteração de cor, interpretada pelo aluno como a presença de umidade. Nessa fala, o aluno não se refere como essa água está armazenada dentro da amostra, mas conforme discussão iniciada na linha 486 pode-se complementar seu pensamento.

Na linha 540, o aluno apresenta uma afirmação que se refere à permeabilidade da água no solo, reconhecendo a circulação da água entre certos materiais terrestres, apesar de não citar quais são eles, mas pelas discussões apresentadas, leva a supor que esses materiais, além do solo citado pelo próprio aluno, corresponde às amostras 2 e 4.

Já nas linhas 543 e 544, o professor pede a participação do Aluno 5 para dar a sua contribuição à discussão. É pedido a ele que diga o motivo da água enfrentar maior dificuldade em penetrar na amostra 2 do que na amostra 4. Na resposta, fica evidente a presença de um elemento como causa: o cimento.

547. PROFESSOR – A rocha tipo um; a rocha tipo três e a rocha tipo cinco que a água não consegue penetrar porque não tem os espaços vazios, que é o que vocês falaram. Esses três tipos, imaginem que aqui no subsolo está cheio dessas rochas, será que a água não consegue passar por essas rochas? Consegue Aluno 8?

548. Aluno 8 – por dentro dela não, mas entre uma e a outra ela passa, no meio.

549. PROFESSOR – não pode atravessar dentro dela, mas pode passar por onde?

550. Aluno 8 – entre elas.

551. Aluno 5 – Professor, se a água chegar numa dessas rochas...

552. PROFESSOR – fala o número. A um, três e cinco?

553. Aluno 5 – é. Ela escoia, vai escorrer.

Nesse recorte, o professor explora as amostras de rochas impermeáveis para as considerações finais. O intuito do professor foi de investigar a compreensão dos alunos acerca da impermeabilidade desses materiais (linha 547).

Como resposta, Aluno 8 explica que se a água passar pelo subsolo e chegar até uma camada rochosa impermeável, a água pode passar apenas entre uma rocha e outra. Pela interpretação do aluno, ficou evidente o reconhecimento da noção de porosidade de fissuras, onde até mesmo nas rochas impermeáveis é possível a passagem de água. Por outro lado, o Aluno 5 não reconhece essa forma de porosidade (linha 553).

554. *Aluno 9 – o Senhor falou dos espaços, pode ter os espaços [rochas impermeáveis], mas ela não vai conseguir penetrar.*
555. *PROFESSOR – pode até ter os espaços que você falou, mas por que ela não consegue penetrar? Isso aí é importante.*
556. *Aluno 9 – pelo tipo de material que é feito, que é composto.*
557. *PROFESSOR – tem o espaço e o que acontece com aquele espaço?*
558. *Aluno 9 – ele vai ser preenchido pelos materiais que a Aluno 8 falou, ele vai ser preenchido e é por isso que ela não vai conseguir penetrar, por causa dos materiais que vai ter dentro dele, tipo do ar, ele não vai conseguir penetrar.*

Ainda revisando as rochas impermeáveis, o Aluno 9 complementa que apesar de existirem espaços dentro da rocha, este estaria preenchido por “materiais” que impediriam a passagem da água. Nesse trecho, fica claro que o aluno baseou-se nas observações em que as amostras impermeáveis, com exceção da amostra 1 (basalto), apresentavam diversos minerais facilmente visualizados. Essa visualização acabou por induzir o aluno a considerar que entre esses minerais existem espaços, mas que estariam ocupados por um material, tornando as rochas impermeáveis.

559. *Aluno 10 – Professor, por que a água não está penetrando por essa parte branca e por aqui penetrou?*
560. *PROFESSOR – essa é a pergunta que eu faço para você: por que você acha que não? O que pode ter de diferente que você acha que prejudica nessa parte branca da água penetrar com tanta facilidade?*
561. *Aluno 10 – sei lá.*
562. *Aluno 9 – pelos buraquinhos que tem.*
563. *Aluno 10 – porque tem menos furos.*
564. *PROFESSOR – porque tem menos furos.*
565. *Aluno 9 – pelos espaços que tem os buraquinhos, o ar, às vezes, pode ajudar a concentrar a água dentro das coisas.*
566. *Aluno _____ - Professor, por que aqui entra água e aqui não entra tão rápido?*
567. *PROFESSOR – foi a pergunta da Aluno 8. Fala Aluno 5, por quê?*
568. *Aluno 5 – porque tem menos buraquinhos.*

569. PROFESSOR – *porque tem menos buraquinhos, isso quer dizer então que quando nós temos menos buracos, qual vai ser o comportamento da água? Fala Aluno 5.*
570. Aluno 5 – *ela vai demorar mais para entrar a água.*
571. PROFESSOR – *vai demorar mais e a quantidade que vai infiltrar, você acha que é a mesma ou onde tem menos furos vai ser mais ou menos? Quando tiver mais furos, você acha que a rocha vai acumular quanto de água, mais ou menos?*
572. Aluno 10 – *menos.*
573. PROFESSOR – *vai acumular mais. Por que vai acumular mais? Porque tem mais espaços. E quando tem menos furos?*
574. Aluno 5 - *vai demorar mais para a água entrar.*
575. PROFESSOR – *demora mais para a água entrar e...*
576. Aluno 5 - *vai menos água.*
577. PROFESSOR – *vai menos água.*
578. *Final*

Na parte final da aula, os alunos exibem as últimas dúvidas acerca das amostras de rochas. Nesse caso a questão se volta à amostra 4, mais precisamente à diferença de infiltração observada entre uma parte do arenito Botucatu que apresentava um certo grau de intemperismo e outra parte mais sã (linha 559).

Na linha seguinte, o professor devolve a pergunta do aluno para que esta possa ser discutida pelo grupo. Nota-se que, no final da aula, os alunos já possuíam argumentos suficientes para responderem o questionamento do colega, e como era de se esperar, inicia-se uma breve discussão. O término da aula não possibilitou que se aprofundasse o debate sobre porosidade e permeabilidade, nem sobre a variável relativa ao cimento natural.

Ponto importante formulado pelos alunos a partir de observação, manipulação de amostras e discussões foi o reconhecimento da presença de poros para explicar a infiltração de água.

6 – Discussão dos Dados

A atividade referente à Aula 3, análise desta pesquisa, gerou uma quantidade considerável de dados que nos remetem a questionamentos importantes acerca do Ensino de Ciências e do Ensino das Ciências da Terra. Nossa expectativa inicial, ao formularmos a pesquisa, seria de incluir as outras aulas nas discussões, porém a quantidade de dados estaria além do que poderia ser possível tratar. Dessa forma, nos limitamos a analisar as falas dos alunos na experimentação onde se estudou as características das amostras de rochas, excluindo também a última etapa da Aula 3, correspondente à elaboração de texto no qual seria elaborada uma conclusão individual de cada membro participante.

No desenvolvimento de minha carreira como professor, e atualmente como pesquisador, percebi que a diferença de senso comum e conhecimento científico é muito tênue, ao contrário do que se pensava anteriormente. Dentro de um contexto social, uma ideia prévia se torna tão forte e poderosa que não há, por parte de quem a possui, necessidade de buscar outras explicações à luz de novos e fundamentados conhecimentos.

Essa circunstância é reconhecida em muitas situações de ensino que costumeiramente acompanham os professores. Ao se questionar a respeito de algum assunto com uma simples pergunta do cotidiano como “Qual é o motivo da chuva ter causado a enchente de ontem?” ou “A água que chega a nossa torneira vem de onde?”, surgirá uma quantidade enorme de respostas. Essas respostas são ao mesmo tempo afirmação da existência e indícios de como funcionam as ideias que os alunos adquirem no dia-a-dia, o qual uma análise cuidadosa ajudará no planejamento da continuidade do processo educativo (AMARAL, 1996).

Mas vale ressaltar a importância do professor ter construído, sob bases teóricas atualmente aceitas, a sua relação com o tema proposto, uma vez que estudos apontam que muitos professores carregam ideias prévias que muitas vezes são as mesmas de seus alunos (ORION; AULT JR., 2007). Essa informação expressa a necessidade de formação inicial adequada dos

professores bem como a necessidade de se atualizarem nos diferentes ramos científicos que fazem parte da sua disciplina (DICKERSON et al., 2006).

Os dados gerados pela atividade em questão, além de valiosos para demonstrar a existência das ideias prévias, forneceram informações mais detalhadas e específicas do entendimento das crianças de noções da porosidade e da permeabilidade.

Para melhorar a visualização, a discussão dos dados foi examinada em dimensões de análise, selecionadas por meio da verificação dos assuntos principais discutidos no Capítulo 5. Porém vale ressaltar que apesar de aparecerem separadamente, essas dimensões são interligadas e se intercomunicam no decorrer de toda presente etapa.

As dimensões de análise foram as seguintes:

- Características das rochas;
- Concepção de porosidade;
- Concepção de permeabilidade.

Essas dimensões se complementam, mostrando uma relação essencial para o entendimento do processo de infiltração e da movimentação da água no subsolo e conseqüentemente para o entendimento do ciclo da água.

As características conceituais abordadas foram construídas socialmente pelos alunos com intermediação do professor. Os dados foram adquiridos a partir de atividades experimentais, manipulação de amostras e debate em sala de aula. Os dados mantiveram vínculos com conhecimentos cotidianos anteriormente adquiridos. Essas relações acabaram gerando inúmeros sentidos para os fenômenos observados podendo perceber ideias divergentes e ideias prévias de acordo com as concepções dos alunos, revelando as dificuldades para se entender o processo de infiltração da água. Além dos conceitos de porosidade e permeabilidade, outros de importância secundária serão tratados. Considerações como o uso adequado de terminologias e o entendimento de densidade estarão presentes auxiliando as interpretações e dando suporte às alegações apresentadas pela pesquisa. Esse apanhado de aspectos aparentemente diversificados é

devido a problemas levantados pela literatura de Ensino de Ciências da Terra que indicam a dificuldade das crianças para entender o reservatório subterrâneo de água. Por sua natureza não visível (dimensão oculta), isso conduz os alunos a formar ideias ambientais, analogias e conceitos a partir de múltiplas fontes que dificultam compreender o funcionamento do ciclo da água.

A principal dificuldade para entender o subciclo subterrâneo do ciclo da água é a forma equivocada pela qual os alunos concebem suas dimensões ocultas (BACH; BRUSI, 1988; BEN-ZVI-ASSARF; ORION, 2005a, 2005b; DICKERSON; DAWKINS, 2004; DICKERSON et al., 2005, 2006). Segundo Orion e Ault Jr. (2007) os alunos superestimam o efeito dos acontecimentos visíveis na superfície e falham ao deixarem de apreciar os fenômenos não visíveis, não compreendendo o que acontece nas camadas subsuperficiais de rochas e qual é o comportamento da matéria nelas contida.

O entendimento do conhecimento científico requer abstração do aluno devido à natureza oculta do reservatório subterrâneo. Isso se mostrou um grande obstáculo enfrentado pelos alunos e pelo professor porque os alunos tinham dificuldade de entender o que não podem observar diretamente e o professor considerou difícil ensinar esse tema.

Essa dificuldade educacional é aumentada porque os alunos interpretam suas observações a partir de conhecimentos adquiridos ao longo de suas vidas, ou seja, usam constantemente suas ideias vindas do senso comum. Driver et al. (1999, 1989a, 1989b) nos fornecem conhecimentos necessários para o desenvolvimento de nossas explicações acerca de como essas ideias trazidas do cotidiano para dentro da sala de aula interferiram no entendimento dos alunos.

Assinala-se preliminarmente que a análise vai revelar que a aula 3 sozinha não foi capaz de modificar o modo de pensar dos alunos. Mas mostrou a necessidade de aprofundar aspectos importantes para entender o processo de infiltração da água no solo, o que foi feito nas aulas seguintes.

6.1 – Características das Rochas

A dificuldade dos alunos de abstraírem seus pensamentos, para entender como a água fica armazenada e circula pelo reservatório subterrâneo do ciclo da água, nos remete a considerar o conhecimento dos minerais e das rochas como essencial. Diferenças entre rochas permeáveis e impermeáveis, constituição de um arenito são exemplos de conhecimentos que possivelmente conduziriam o aluno a entender a parte não visível do reservatório subterrâneo de água. Por isso, é necessário elaborar esses conceitos sobre a natureza da matéria (no caso, constituição de rochas e minerais) antes de tratar de porosidade e permeabilidade.

Além da importância do conhecimento do material e constituição de rochas, outra dificuldade é identificar onde estão as rochas na natureza. Isso se torna obstáculo para determinar o local onde a água infiltra, acumula e circula. Percebe-se isso nas discussões dos alunos à medida que descreveram as amostras.

6.1.1 – A origem e a distribuição espacial das rochas

Foram poucos os relatos dos alunos sobre de onde provêm as amostras de rochas (item 5.1.2.), as poucas citações a respeito do assunto foram observadas nas Linhas 108 e 123 (p. 66 e 68).

108. Aluno 3 - também é cristalina, é do mar.

123. Aluno 6 - é um monte de areia de praia.

Driver et al. (1999, 1989a) relatam que ideias prévias estão fortemente vinculadas à informações extra-escolares, provavelmente os alunos que participaram do experimento foram guiados por estas informações pois supomos que nunca tiveram contato formal com o tema Minerais e Rochas antes da aula analisada.

No item 5.2.2. (p. 79), o professor dialoga com seus alunos na expectativa de conseguir vislumbrar se reconhecem a procedência dos materiais terrestres usados na experiência. O professor considera esse aspecto importante para desenvolver a percepção dos seus alunos de que abaixo da superfície terrestre existem esses materiais, e não apenas em locais restritos como uma praia.

Nas falas 225, 226, 330, 332 (item 5.2.1, p. 77 e 78; item 5.2.4, p. 88) fica evidente que as dificuldades causadas pelas ideias prévias se mostram resistentes à medida que o professor insiste no assunto. Um possível motivo para essa ideia se mostrar enraizada no pensamento dos alunos é o aspecto explorado por Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b) quanto à dificuldade cognitiva das crianças ao estudarem dimensões que não são visíveis às pessoas como é o caso do subsolo.

225. PROFESSOR – para começar, onde nós encontramos as rochas? Elas ficam onde se você quiser encontrar uma, onde você vai procurar?

226. Aluno 7 - na rua, na praia.

330. Aluno 3 – no jardim.

332. Aluno 6 – na floresta Amazônica, em lugares assim têm algumas pedras.

Salvo em alguns locais onde há um afloramento rochoso, as rochas se situam abaixo da superfície terrestre, sob uma camada de regolito ou de construções humanas como nas áreas urbanas, ficando difícil que os alunos por si só construam um conhecimento cientificamente adequado quanto ao local onde podem ser encontradas. Dessa forma, ficam evidentes para os alunos, apenas informações veiculadas por meios extra-escolares.

Com essas concepções, os alunos tendem a encontrar dificuldades quanto à circulação da água pelo subsolo. Pois, reconhecendo que as rochas existem apenas em alguns poucos lugares são levados a acreditar que apenas nesses locais existe água subterrânea. Ou possivelmente a existência desse recurso em locais onde não são encontradas as rochas poderia ser explicada pela existência de lagos subterrâneos ocupando grandes espaços no subsolo.

As falas das Linhas 226, 228 e 234 (item 5.2.1, p. 78) introduzem considerações pessoais. Esses alunos lembram suas experiências cotidianas e alcançam informações além do senso comum. Procuraram sair da esfera mais geral para relatarem, enriquecerem e embasarem as

discussões. Para os mais observadores, as rochas são elementos que estão inseridos no dia-a-dia das pessoas e usados nas construções humanas. São percebidas diretamente pelo intenso uso desses materiais em revestimentos, pavimentações e ornamento, portanto locais onde se pode encontrar rochas.

226. Aluno 7 - na rua, na praia.

228. Aluno 2 - onde eu moro tem umas pedras do tipo da [rocha] número 4, virando a rua tem um montão dessas pedras e também da número 1 e granito.

234. Aluno _____ - você pode achar na rua.

Apenas um aluno cita o subsolo na linha 236, mas talvez seja simplesmente o uso do termo. O prosseguimento feito pelo professor não aclara a ideia desse aluno. Permanece, portanto, uma dúvida quanto à intenção desse aluno ao citar a palavra subsolo. O uso dessa palavra pode ter sido fundamentado ou apenas uma colocação vazia utilizada para tentar responder a pergunta do professor.

Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b) revelaram que 70% dos alunos investigados em sua pesquisa não reconheceram reservatório subterrâneo. Isso possivelmente é ligado ao seu aspecto oculto. Se os alunos não conseguem desenhar as rochas que acumulam água (aquíferos) isso pode estar vinculado à falta de ideia sobre localização e distribuição das rochas (subsolo). Essa dificuldade atrapalha a concepção científica dos alunos de distribuição espacial do aquífero.

6.1.2 – Constituição das Rochas

A compreensão dos materiais que compõem as rochas, bem como o entendimento de sua gênese, ou seja, conhecer os diferentes tipos de rochas e como a água pode se acumular em cada uma, é relevante para formar o conceito de aquífero. Apesar disso, como foi mostrado nesta Dissertação que há pouco esforço dos livros didáticos para fazer isso.

Dickerson et al. 2006 assinalam que devido à natureza oculta do reservatório subterrâneo, os alunos precisam abstrair seus pensamentos apoiados no senso comum para construir um modelo mental que explique o caminho desde a infiltração da água até sua posterior emergência.

Esse assunto deve ser contemplado durante a trajetória didática dos alunos. Se isso não ocorrer, os alunos farão suas próprias interpretações do fenômeno de acordo com seus conhecimentos, gerando ideias prévias à parte do conhecimento científico. Contudo, se o aluno construir corretamente um entendimento acerca das principais características de uma amostra de rocha, particularmente de sua porosidade e permeabilidade, este conhecimento potencializaria sua concepção de como a água é armazenada e flui por esse material terrestre. A constituição das rochas conduz alunos a entender conceitos centrais para conceber o fenômeno da infiltração da água no solo, ou seja, leva ao reconhecimento da porosidade e permeabilidade. Por exemplo, se for desenvolvido no aluno o entendimento da distribuição espacial dos grãos de areia nos arenitos, parte das dificuldades seriam sanadas. Este item visa revelar quais foram as dificuldades encontradas pelos alunos para reconhecer os constituintes das rochas, ao mesmo tempo, prepara as discussões seguintes sobre as concepções de porosidade e permeabilidade.

As primeiras impressões dos alunos nos fornecem algumas informações relevantes de como eles concebem a constituição das rochas, mostrando algumas ideias prévias que levaram à dificuldades de aprendizagem.

As falas das Linhas 70, 75, 77, 79 e 80 (item 5.1.2, p 62 e 63) durante a observação da amostra número 2, os alunos relacionam os sedimentos constituintes da amostra com fragmentos de rochas, porém em suas falas se esconde uma ideia prévia que se tornou um problema quando se estudou profundamente a questão da porosidade das amostras. Esse problema está possivelmente ligado ao entendimento de diferentes escalas de observação dos constituintes das rochas.

- 70. Aluno 5 - é brilhante sim. É cristalizada, tem um monte de fios, de brilhantes. Ela também tem um monte de buraquinhos, Aluno 6. Buraquinhos bem pequenininhos.*
- 75. Aluno 5 - e parece que ela é formada por partículas pequenininhas de rochas. Dá uma olhada.*
- 77. Aluno 5 - não parece que ela é formada por um monte de rochas?*
- 79. Aluno 2 - ela é formada por partículas pequenininhas de rochas.*

80. Aluno 6 - então ela não é uma pedra normal. Ela tem várias outras grudadas nela.

Dickerson et al. (2005) enfatizam a importância da escala na percepção dos alunos em relação ao reservatório subterrâneo. Mostram a variação de escala espacial em termos tais como poros e fissuras. Os alunos usam a terminologia de água subterrânea, mas interpretam a ideia de poro como algo de dimensões que podem variar de microscópicas ao tamanho de um automóvel ou de uma bola de basquetebol. De fato, os autores alertam os professores para essa dificuldade dos estudantes. Essa dificuldade em expressar relações espaciais do material analisado pode efetivamente causar os problemas expostos a seguir.

Nas falas das Linhas 485 e 487 (item 5.3.4, p. 104), o professor induz seus alunos ao perguntar sobre onde está a água, para descobrir o entendimento que construíram a partir das observações e discussões. A resposta do aluno (Linha 486) indica que pode haver dois caminhos possíveis para a água no interior das rochas. O primeiro possivelmente teria uma conotação mais científica com a água se dispondo dentro dos poros das amostras e o segundo poderia ser excluído das discussões por um professor desavisado. Mas o mesmo aluno em uma fala seguinte (Linha 512) discorre acerca de seu pensamento, mostrando a que realmente estava se referindo na afirmação anterior: defendeu que há poros *dentro* dos grãos.

485. PROFESSOR – e onde ela está agora, Aluno 4? Não assim se está embaixo, se está em cima, se está de um lado ou do outro. O Professor quer saber, ela está dentro, mas como ela está dentro dessa rocha? Em que lugar ela está?

487. PROFESSOR – você acha então que a pedra de areia, o grãozinho de areia absorve a água?

486. Aluno 8 – Professor, eu acho que tem duas opções: ela pode estar acumulada nesses buraquinhos ou senão dentro das pedrinhas de areia.

512. Aluno 8 – eu acho que dos grãozinhos que absorvem têm mais furinhos mais pequeninhos ainda.

Perante essa nova evidência, é aclarado que o aluno fez uma dedução ao tentar transpor os limites espaciais da amostra e dos sedimentos que a constituem. Como foi considerado que a amostra era constituída de outras rochas pequenas, houve a analogia em que o comportamento apresentado pela amostra como um todo foi transportado para uma escala maior, atingindo o

tamanho do grão de sedimento, que teria as mesmas características. Consequentemente, cada grão de sedimento também possuiria seus “buracos”, ainda menores que os relatados onde a água estaria se acumulando. Isso sugere uma sucessão de cosmos e microcosmos sucessivos que denunciam certa concepção mágica de mundo.

A ideia desenvolvida pelo aluno mostra amadurecimento conceitual, mas cria uma barreira ao entendimento do conceito de porosidade. Isso sugere o acerto de levantar e avaliar ideias prévias sobre rochas e porosidade como foi sugerido por Dickerson et al. (2005). Sugere, ainda, a necessidade de preparar previamente os alunos para tratar esses conceitos que conduzem à compreensão da água subterrânea.

O Aluno 8 apresentou uma ideia prévia indicando que, durante as aulas, construiu essa forma de pensar mais elaborada baseada na manipulação, observação e comparação de amostras. Em outros termos, ao refletir sobre dados empíricos e elaborar hipóteses, o aluno alcançou uma forma considerada mais correta cognitivamente para explicar o fenômeno que estava sendo explorado na discussão conforme foi sugerido por Driver et al. (1989a).

Interpreta-se que esse pensamento do aluno não foi elaborado a partir da ideia prévia que compara a rocha do aquífero à esponja. Esse novo pensamento foi uma alternativa à ideia prévia de esponja.

Um tratamento que contemplasse características de rochas e dos minerais poderia ajudar a romper a dificuldade que os alunos encontraram para formar um modelo mental de rocha porosa e de arenito. Se os alunos reconhecessem as propriedades de um grão de areia, sua impermeabilidade e comparassem essas propriedades com uma amostra permeável (como é o arenito Botucatu) haveria uma contradição que dificultaria induzir que o grão é permeável. Isso ajudaria a reforçar o nexos entre porosidade e circulação da água na rocha.

Como esse assunto não foi tratado anteriormente à aula analisada (Aula 3), essas informações só foram construídas nas aulas subsequentes.

6.2 – Porosidade

A porosidade tem nesta pesquisa uma importância central, fato percebido pela ênfase da aula analisada e pela persistência do professor em focar aspectos que explorassem os conceitos dos alunos ao longo da discussão da atividade. Trata-se de conceito crucial a ser construído pelo aluno para entender o reservatório subterrâneo de água. Porosidade é um conceito vinculado e interdependente com outro conceito importante: permeabilidade. Esses dois conceitos mantêm íntimos nexos com as ideias de constituição das rochas, ou seja, tratam-se de conceitos relativos ao caráter da matéria.

O tipo de porosidade explorada na aula 3 foi intergranular, típica das rochas armazenadoras do SAG (Sistema Aquífero Guarani). Os alunos vivem em uma cidade predominantemente abastecida por águas desse aquífero. Isso é coerente com a opção pedagógica que valoriza o local e a cidade conforme é sugerido por alguns autores (COMPIANI, 2006; SICCA; GONÇALVES, 2008).

O conceito de porosidade é tratado por uma gama de trabalhos na busca de desvendar as ideias prévias dos alunos, bem como alternativas de ensino para o desenvolvimento de conceitos científicos (SUGAHARA, 2001; RIBEIRO et al., 2007; BACH et al., 1988, BEN-ZVI-ASSARF; ORION, 2005a).

Das ideias prévias relativas ao conceito de porosidade, aquela que merece maior atenção é a de que uma rocha porosa atua como uma esponja ao reter a água, aspecto assinalado por Dickerson e Dawkins (2004); Dickerson et al. (2005, 2006). Ao tratar as ideias de água subterrânea, outra ideia ambiental que precisa ser considerada pelos professores é a noção de que essa água é encontrada apenas em lagos e rios subterrâneos como foi assinalado por Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a).

O motivo fundamental que gera tais dificuldades conceituais é a impossibilidade de uma observação direta do comportamento da água nos reservatórios subterrâneos. As crianças criam suas próprias ideias para dar sentido ao funcionamento de todo o processo de passagem da água pelo subsolo devido à impossibilidade de observar o caminho da água subterrânea. As

informações cotidianas interferem para construir explicações de conceitos, tais como porosidade ou a permeabilidade.

Por outro lado, muitos obstáculos para entender conceitos científicos do reservatório subterrâneo de água são gerados pela forma banal e incorreta de veicular o ciclo da água (como revela-se em outra parte desta dissertação e acha-se presente na literatura citada (MOGILNIK, 1996; FRACALANZA; MEGID NETO, 2006; FREITAG et al., 1989; HAGY et al., 2008; AMARAL et al., 2006). Os livros didáticos do ensino básico veiculam erros teóricos, metodológicos e gráficos; atribuem pouca importância ao ciclo da água; ignoram partes do ciclo, o que implica ideia incorreta do processo completo. O subciclo subterrâneo é especialmente prejudicado pelo tratamento superficial, pelas ilustrações, ou pela ausência.

Esta pesquisa sobre porosidade conduziu a examinar elementos ligados à percepção dos alunos sobre o que facilita e o que impede sua compreensão. Demonstra-se que a presença e a quantidade de poros (pequenos *buracos*) na superfície das amostras auxilia a percepção da porosidade. Mas o aluno pode confundir diferença de quantidade de poros e o conceito de peso específico e voltar a tratar a amostra como uma esponja – o que é cientificamente incorreto. Neste estudo, explora-se como os alunos relacionaram porosidade, presença e densidade de poros em amostras e a formação da similaridade entre amostra de rocha e esponja.

6.2.1 – Presença de poros

Alunos usam terminologia que faz parte de seu cotidiano. Palavras tais como: *buracos*, *furinhos* foram amplamente usadas e aqui se interpreta que significam a ideia de *poros* das rochas.

O professor deve ter especial cautela ao ouvir a terminologia dos alunos e evitar interpretar as palavras como confirmação de suas convicções sobre o tema. Este tópico contribui para o professor admitir que o pensamento dos alunos pode estar muito distante do pensamento científico como foi indicado por Dickerson e Dawkins (2004).

Nas Linhas 70 e 74 (item 5.1.2, p.62 e 63) alunos notaram a presença de buracos na superfície das amostras. Isso pode ser observado sob lupa de poucos aumentos (10x e 20x). Como foi mencionado, Dickerson e Dawkins (2004) e Dickerson et al. (2005) apontam que isso não significa que os alunos compreenderam o conceito de porosidade, mesmo que seja explicado pelos professores de Ciências e Geografia. Os alunos veiculam o termo ao conhecimento pessoal, o poro é uma ideia do senso comum. O que é importante enfatizar é que esse conceito pode ajudar a entender como a água caminha dentro da rocha.

- 70. Aluno 5 - é brilhante sim. É cristalizada, tem um monte de fios, de brilhantes. Ela também tem um monte de buraquinhos, Aluno 6. Buraquinhos bem pequeninhos.*
- 74. Aluno 2 - tem buracos minúsculos.*

As linhas 165, 166, 168, 267, 268 (item 5.1.3, p. 72; item 5.2.2, p. 81) revelam que os alunos espontaneamente ou induzidos pelo professor associam poros e caminho da água no subsolo. A ideia de que a *rocha suga a água* pode indicar, a um professor pouco atento, um pensamento abstrato relacionando água com os poros. Isso conduziria a interpretar que os alunos compreenderam o nexos entre a densidade de poros e a infiltração da água. Mas as Linhas 308 e 309 (item 5.2.3, p. 85) sugerem problemas conceituais, o aluno pode imaginar que a superfície da rocha é diferente de seu interior e o que ela observa diretamente pouco informa sobre a *dimensão oculta* – o que é coerente com as pesquisas de Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005a); Dickerson e Dawkins (2004); Dickerson et al. (2006). A Linha 309 sugere sequência temporal, o aluno pode imaginar que primeiro a água entra na amostra, depois ela circula pelos poros. O aluno pode estar formando uma incoerência entre dimensão visível e oculta, se isso estiver ocorrendo revela dificuldade para abstrair fenômenos – algo semelhante ao indicado por Dickerson et al. (2006) e Bar (1989) sobre dificuldades cognitivas diante de evaporação e condensação.

- 165. Aluno 6 – preenche os buracos vazios [amostra 4].*
- 166. Aluno _____ - e a pedra absorve a água porque tem minúsculos buracos.*
- 168. Aluno _____ - ela suga rapidamente.*
- 267. PROFESSOR – você observa buraquinhos nele, com a lupa.*
- 268. Aluno 5 – é quando suga, é igual água no subsolo e é por isso que entra água na pedra.*

308. PROFESSOR – o que tem dentro dos furinhos? O que são os furinhos que você está falando tanto aqui Aluno 8?

309. Aluno 8 – são os buraquinhos por onde entra a água que ela absorve.

As Linhas 310, 311, 312, 315, 317, 318, 319, 320 e 321 (item 5.2.3, p. 85 e 87) são mais conclusivas, pois os alunos supõem que os poros internos acham-se preenchidos de areia (o mesmo material da amostra). Os alunos não atribuíram importância necessária aos poros para explicar a infiltração da água – não podem explicar como a água se armazena na rocha, ou seja, foi mantida a ideia mágica de que a areia suga a água. Para alguns alunos, a água pode permanecer dentro dos grãos (modelo *esponja*). Tudo isso revela que é difícil ensinar o vínculo entre porosidade (dimensão não visível da rocha) e o acúmulo da água na rocha.

310. PROFESSOR – Aluno 5, antes de jogar água o que tinha no meio dos buraquinhos?

311. Aluno 5 – eu acho que era areia.

312. PROFESSOR – então você joga água e a areia sai e entra a água?

315. Aluno 5 – a areia suga a água.

317. PROFESSOR - Vocês estão falando que a areia é como se fosse uma toalha, vocês jogam a água e ela enxuga?

318. Aluno 5 – é, um dia na praia, eu joguei água e a areia absorveu a água.

319. PROFESSOR – e para onde foi a água? Você jogou água na areia, onde a água ficou lá na areia?

320. Aluno 2 – dentro dos grãozinhos.

321. Aluno 9 – entre os grãozinhos.

O professor precisa reconhecer essa dificuldade e mudar sua estratégia para induzir seus alunos a buscarem explicações coerentes com o conhecimento científico. As dificuldades dos alunos podem ser o ponto de partida para buscar a mudança conceitual.

6.2.2 – Densidade das amostras

A porosidade acha-se relacionada a outras propriedades físicas das rochas: densidade, porosidade e infiltração de água, ou seja, reconhecer densidade pode conduzir os alunos a pensar sobre o conceito de poro. A diferença de peso entre as amostras de mesmo volume pode ser

explicada pelo tamanho das partículas que a compõem e, dessa maneira, essas crianças rejeitariam que maior, ou menor, porosidade poderia explicar a diferença de peso observada. Manipular amostras é um caminho promissor para fazer essas comparações e explicar diferenças.

As amostras 2 e 4 eram formadas pelo mesmo material, possuíam aproximadamente o mesmo volume e peso diferente. As Linhas 304 e 305 (item 5.2.3, p. 85) indicam que o professor induziu a observação e o aluno percebeu a diferente quantidade de poros. Quando o professor continua a discussão (Linhas 338, 339, 340, 341) a natureza da matéria (*o material que é feito é mais leve*) surge e põe em dúvida o entendimento do vínculo entre quantidade de poros e densidade. Apesar do esforço de indução do professor, surge um obstáculo ligado à natureza oculta do que não é diretamente observado, ou o aluno não abstrai nem generaliza a porosidade da superfície da amostra para toda a rocha.

304. PROFESSOR – *outra coisa que o Aluno 8 falou também, essa daqui é a mais leve de todas. Por que ela é mais leve?*

305. Aluno 8 - *porque ela tem mais furinhos.*

338. PROFESSOR – *Olha, vamos esclarecer algumas coisas que vocês falaram. Olha, por que essa pedra é mais leve? Fala Aluno 8.*

339. Aluno 10 – *porque ela é cheia de furinhos e acho que o material que é feito dela é mais leve.*

340. PROFESSOR – *mais leve e também porque ela é cheia de...?*

341. Aluno 8 – *de furinhos.*

A difícil interpretação de fenômenos não visíveis diretamente é exposto por vários autores (Dickerson et al. 2006; Bar 1989). Mas, o que pode causar isso? Driver et al. (1989a, 1989b, 1999) defendem que as crianças mantêm coerência com conhecimentos do dia-a-dia. Sugere-se aqui que pode haver falta de conhecimento ou habilidade cognitiva prévia.

Um aluno exhibe um nexo de tamanho do grão da areia e densidade: areia fina teria densidade menor (Linha 344, item 5.3.1, p. 89). Isso sugere uma ideia prévia sobre densidade. Outro aluno (Linha 357, item 5.3.1, p. 91) reforça a conclusão anterior e explicita a partir de experiência que a *areia fina pesa menos*. Além disso, introduz uma variável nova: aquilo que é solúvel é mais leve. A dificuldade de conceber a natureza da matéria é um obstáculo central para compreender a relação entre densidade e porosidade. Driver et al. (1989a, 1989b, 1999) sugerem

a necessidade de conduzir os alunos a buscarem outras formas de pensar que pudessem levar a explicações diferentes de suas ideias prévias. Talvez o raciocínio sobre porosidade pudesse avançar se os alunos tivessem clareza de que os grãos são compostos do mesmo mineral, independentemente da cor da amostra, do tamanho, volume e forma dos grãos.

344. Aluno 8 - acho eu já sei por que ela é mais leve. Porque eu reparei que ela é bem mais fina do que a outra mais amarelinha e ela é dessa cor. É por isso que ela é mais leve. Porque às vezes ela é feita daquele material, a areia mais fina é bem mais leve do que a outra.

357. Aluno 9 – a areia fina, eu já fiz um teste. A areia fina, quando eu coloco água nela, ela vai dissolver mais rápido. Na areia grossa, ela vai ficar umas pedrinhas. É por isso que a areia fina vai pesar menos, ela já dissolve tudo na água, a areia fina.

Esse pensamento está ligado à natureza não visível do reservatório subterrâneo, pois as crianças não possuem contato com os fenômenos que ocorrem em seu interior. Dessa forma, fenômenos observados na superfície terrestre, servem como analogias que os alunos incorporam em suas explicações. No caso da amostra de rocha, mesmo que a areia fosse dissolvida na água há a questão da conservação da matéria, onde o peso aumentaria com a adição de água, pois o material continuaria tendo sua massa presente na amostra mesmo dissolvido.

6.2.3 – Analogia com uma esponja

A analogia do reservatório subterrâneo com uma esponja foi descrita em diversos trabalhos (DICKERSON; DAWKINS, 2004; DICKERSON et al., 2005). É tomada como a ideia prévia mais comum, ao lado das noções de rios e lagos subterrâneos. Isso se justifica pela por meio de generalização a partir de observações diretas da superfície, bem como, pela intensa divulgação feita pela imprensa.

O professor busca enfrentar essas ideias prévias. Induz os alunos a criarem explicações para a porosidade de arenitos (Linha 374, item 5.3.1, p. 93). No diálogo, o professor reforça a explicação correta (Linhas 377 e 378, item 5.3.1, p. 94) e o outro aluno aceita a explicação. A

percepção da existência do ar nos poros foi essencial. Sugahara (2001) havia mostrado que os alunos eram capazes de identificar o ar e reconhecer que ocupa espaço dentro dos poros de amostras. As Linhas 384, 385, 386, 387, 388 (item 5.3.1, p. 95) revelam que a intervenção do aluno e o reconhecimento do ar foi essencial para seus colegas mudarem de opinião e aceitarem uma ideia mais coerente. Houve construção de uma ideia científica, pois os alunos discutem e procuram explicações que não sejam incoerentes com as discussões. Por outro lado, não há como garantir que essa nova ideia seja persistente na cabeça das crianças, pois assim como Driver et al. (1989a) descreve, as ideias prévias são estáveis e podem permanecer mesmo após uma intervenção didática. A persistência de ideias prévias pode ser observada nas falas das Linhas 486, 487 e 488 (item 5.3.4, p. 104), pois a analogia de rocha e esponja permanece. Torna-se claro que o aluno não abandonou sua antiga ideia e possivelmente nem seu modo de pensar. Tais ideias fazem parte de uma coerência que envolve muitos fenômenos do dia-a-dia.

374. PROFESSOR – meninas, o que vocês acham que tinha nesses buraquinhos, antes de ter água, o que tinha antes? Fala Aluno 8.

377. PROFESSOR – por que você acha que é mais provável?

378. Aluno 9 – porque se tivesse pedaço do próprio material, como iria penetrar a água.

384. Aluno 8 – ela falou que quando tem o próprio material, não entra água, mas a água pode passar se o material for bem pequeno.

385. PROFESSOR – tudo bem, pode passar, mas se o material tampar todo o buraquinho, o que acontece? Fala Aluno 1.

386. Aluno 1 – ah, Professor, se tampar os buraquinhos, a água vai ficar no subsolo, a água não vai descer.

387. Aluno 8 - no solo e não no subsolo.

388. Aluno 1 – aí ela vai ficar em cima e vai escorrer.

486. Aluno 8 – Professor, eu acho que tem duas opções: ela pode estar acumulada nesses buraquinhos ou senão dentro das pedrinhas de areia.

487. PROFESSOR – você acha então que a pedra de areia, o grãozinho de areia absorve a água?

488. Aluno 8 – pode ser ou senão pode ficar dentro dos buraquinhos.

Explicações do senso comum podem dar conta da infiltração da água na amostra de rocha. portanto, a presença de poros na amostra não precisa ser considerada como a única alternativa

para explicar o fenômeno (p.ex., o diálogo do professor e alunos das Linhas 495 ao 498 e 501 a 503 do item 5.3.4, p. 106). Esse retrocesso pode ser explicado pela incredulidade que a nova explicação gerou, ou houve adaptação da nova forma de pensar sem gerar conflitos cognitivos com o conhecimento anterior. Isso indica que pode haver coexistência de ideias diferentes e contraditórias, ambas podem fazer parte das ferramentas cognitivas dos alunos para darem sentido às suas observações.

- 495. Aluno 6 – é como o Aluno 8 falou, ele fica vasculhando dentro e a terra absorve ele.*
- 496. PROFESSOR – como assim a terra absorve ele?*
- 497. Aluno 6 – igual o Aluno 8 falou: ele pode estar vasculhando entre as pedrinhas ou as pedrinhas podem absorver ele. Mais provável que o material absorve.*
- 498. PROFESSOR – você acha que o mais provável que o material absorve. Quem pode explicar direito para o Professor, como é que esse material absorve? Fala Aluno 9.*
- 501. Aluno 9 – é ter sugado toda a água para dentro da pedrinha.*
- 502. PROFESSOR – a água vai para dentro da pedra?*
- 503. Aluno 9 – é.*

As Linhas 524 a 532 (item 5.3.4, p. 109) indicam uma ideia corpuscular da matéria na qual a água penetra dentro dos grãos de areia. Trata-se de dificuldade no entendimento de qual seria o comportamento dos materiais que compõem o arenito: para o aluno o grão de areia é permeável. A água permanece no interior do grão.

- 524. PROFESSOR – Num grãozinho de areia pequenininho, você acha que a água entra dentro do grãozinho de areia, Aluno 8?*
- 525. Aluno 9 – pode até entrar, como você falou.*
- 526. Aluno 8 – se a terra absorve a água normal, eu acho que os grãozinhos podem absorver a água.*
- 527. PROFESSOR – quando a terra absorve a água, para onde vai a água?*
- 528. Aluno 8 – para dentro dos grãos.*
- 529. PROFESSOR – para dentro dos grãos?*
- 530. Aluno 8 – é assim: quando a pedra absorve a água, às vezes não fica vasculhando?*
- 531. PROFESSOR – vasculhando não, fica se movimentando.*
- 532. Aluno 8 – quando entra dentro dos grãozinhos acontece a mesma coisa, eu acho.*

Percebe-se a dificuldade dos alunos em entender a porosidade, bem como a presença de ideias do senso comum. Essas ideias prévias são utilizadas para explicar fenômenos naturais que são vivenciados por eles.

6.3 – Concepção de Permeabilidade

As dificuldades para se entender o conceito de porosidade de uma rocha interferem nas ideias de movimentação de fluidos através de um corpo rochoso. Portanto, ao tratarmos permeabilidade envolvemos porosidade.

Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b) mostram que a concepção comum da água subterrânea é algo estático, supõe-se que sua movimentação seja restrita e local. A suposta falta de movimentação liga-se à interpretação de alguns alunos de que água subterrânea só exista em áreas chuvosas. De outro lado, outra concepção incorreta, alunos concebem movimentação a grandes distâncias, mas por meio de rios subterrâneos. Poucos concebem movimentação da água através dos poros das rochas (porosidade intergranular).

O entendimento da permeabilidade teve por obstáculos as dúvidas e as dificuldades sobre porosidade.

As observações feitas pelos alunos durante a experimentação induziram-nos a observar a velocidade de infiltração da água nas distintas amostras de arenito. A velocidade de infiltração em arenitos depende de duas propriedades físicas importantes: porosidade e transmissividade hidráulica (permeabilidade).

O professor pediu para os alunos explicarem a diferença de velocidade de infiltração nas amostras 2 e 4 (Linhas 402 a 404, item 5.3.2, p. 97). O aluno indica associação de tamanho dos poros e velocidade de infiltração da água. Isso sugere que os alunos imaginam a necessidade de espaço para que a água passe, mas supostamente apenas para a água chegar até os grãos de areia. Isso não refuta as perspectivas cognitivas relacionadas à porosidade exibida pelos alunos nas

atividades anteriores, ou seja, os alunos criaram uma explicação coerente com seus conhecimentos prévios, para eles a amostra de rocha permanece similar à esponja ou à toalha de pano ao sugar a água.

402. Aluno 8 - eu acho que os materiais dali [amostra 2] estão mais juntos.

404. Aluno 8 - porque ela pode até absorver a água, mas não absorve tanto quanto a outra.

Contudo percebe-se que à medida que os alunos relacionam essa velocidade e o tamanho dos poros, passam a justificar diferenças apoiados nas amostras. Os diálogos (Linhas 407 a 413, item 5.3.2, p. 98) sugerem negociação de conceitos e entendimento de como a água pode se acumular na rocha. De outro lado, os diálogos não aclaram se foi abandonado o modelo da *esponja*.

407. Aluno 8 – Professor, às vezes, têm outros tipos de material também que pode tampar ou fazer alguns outros buraquinhos e também para juntar, tipo, se for formada de terra, às vezes, tem algum outro material que junta.

408. PROFESSOR – fala de novo, para todo mundo ouvir, presta atenção! Você está falando da diferença dos dois, não é?

409. Aluno 8 – é. Você não estava falando que tinha uma que é impermeável que

...

410. PROFESSOR – que a água penetra mais rápido e o outro tem mais dificuldade.

411. Aluno 8 – é, que demora mais e é formada da mesma coisa, não é?

412. PROFESSOR – é.

413. Aluno 8 – então, às vezes, tem um outro material que faz essa diferença.

As linhas 438 e 448 a 450 (item 5.3.2, p. 99 e 101) sugerem clareza quanto ao preenchimento dos poros. O aluno explora o conceito de cimento natural e seu nexos com porosidade. O cimento encontra-se entre os grãos e impede que a água circule. A concepção de porosidade adotada pelos alunos, ao final da discussão, é que parte da água que infiltra se localiza no interior dos grãos e não no espaço entre eles. Dessa forma entende-se pela sua fala que este cimento prejudicaria a infiltração da água por dificultar a entrada da água no grão.

438. Aluno 2 - eu acho que tem tipo um cimento que faz com que não penetre.

448. Aluno 2 – existe um material que deve ser tipo igual a cimento que no meio do grão de areia faz com que a água não penetre.

449. PROFESSOR – vocês estão vendo, vocês ouviram? Além de não fazer a água penetrar ou dificultar...

450. Aluno 2 – ele faz a rocha ficar mais dura.

Interpretar o que está acontecendo no pensamento dos alunos depende, por um lado, de ponderar que o caminho da água subterrânea não é diretamente observável, por outro, a infiltração na superfície da amostra é visível. A interpretação dos alunos reúne os dois aspectos.

O reconhecimento do caminho e da escala horizontais da água foi fracamente estudado. Ben-Zvi-Assarf e Orion (2005b) assinalam que os alunos concebem rios subterrâneos. Isso deve estar associado à percepção restrita do papel da permeabilidade de corpos rochosos.

Este estudo atribuiu importância à porosidade intergranular devido à valorização do local, isso conduziu a privilegiar o Sistema Aquífero Guarani. A abordagem orientou o percurso de conteúdo, foi necessário tratar de rochas e minerais, características sedimentares do arenito que ajudaram, de um lado, a expor a porosidade das rochas e, de outro, a conduzir a investigação no que preenche o grão e como a água subterrânea circula dentro dessa rocha. A pesquisa indica que é necessário antecipar e preparar a formação desses conceitos e, ao mesmo tempo, denuncia que o tratamento pobre de aquíferos e água subterrânea não conduziu a ideias ambientais esclarecedoras.

Os trabalhos que ajudaram a fazer esta discussão oferecem várias sugestões para desenvolver esse assunto. Dickerson et al. (2005, 2006) indica que um uso mais intenso de modelos computacionais seria positivo para aprendizagem. ESCP (1963) indica atividades de laboratório. Provavelmente uma combinação dessas propostas com atividades de campo poderia propiciar resultados melhores.

7 – Conclusões

Minha motivação em compreender melhor o tema ciclo da água, sobretudo as dificuldades no processo de aprendizagem relativo aos caminhos da água subterrânea, aflorou a partir de estudos realizados em programas de formação continuada para professores. Minhas reflexões mostraram que a formação inicial não me capacitou para perceber variáveis importantes da sala de aula. Aspectos cognitivos na aprendizagem do tema foram pouco considerados na preparação de minhas aulas. Isso determinar a diferença entre esforços bem empregados e desperdiçados, pois na realidade estava preparando uma aula para mim mesmo, e não a clientela a ser atendida.

A pesquisa explorou aspectos ligados à construção de ideias científicas a partir de atividades práticas em sala de aula. Estas conclusões pretendem auxiliar o trabalho do professor para melhor entender o tema. Porém, não podem ser lidas como um manual ou conjunto de normas para ensinar, mas como indicação de caminhos e dificuldades que eventualmente surgirão no processo de aprendizagem envolvendo os conceitos de porosidade e permeabilidade.

Primeiramente, inicio reiterando que os livros didáticos, tanto de Geografia quanto de Ciências, não propiciam a construção de uma concepção científica do reservatório subterrâneo. Abordagens superficiais, erros conceituais contribuem para enraizar ideias não científicas. A dificuldade se agrava porque muitas vezes os professores se debruçam nesses materiais para prepararem suas aulas, incorporando e perpetuando erros cometidos neles.

Segundo, os livros didáticos de Geologia Introdutória examinados apresentam uma melhor abordagem dos conceitos ligados ao ciclo da água. Por ter um nível de detalhamento mais apurado e englobar informações como litologia e interferências antrópicas, esse tipo de livro didático apresenta uma alternativa para professores que buscam informações para serem utilizadas na preparação de atividades.

Terceiro, não se deve esquecer que livros didáticos servem de suporte para as atividades de ensino. Substituir um tipo de livro por outro, sem modificar o currículo, provavelmente não mudará a qualidade de ensino. Mas os livros propiciam condições para melhorar o trabalho do professor que pode adquirir maior clareza e convicção sobre o que está ensinando.

É necessário reconhecer e entender as dificuldades que alunos poderão apresentar durante o processo de aprendizagem para, então, desenvolver estratégias eficazes. Esta pesquisa permeou aspectos ligados tanto ao Ensino de Ciências quanto às Ciências da Terra.

A utilização de dados locais foi uma alternativa curricular. O local cumpriu distintos papéis pedagógicos. Primeiro, foi o ponto de partida que se contrapôs a aspectos universais e descontextualizados que marcam os livros didáticos. Segundo, o local foi o aspecto imediato que valorizou o ambiente dos alunos, promoveu aproximação entre, de um lado, conteúdos científicos e escolares e, de outro, a realidade vivida. Terceiro, determinou a importância atribuída à água subterrânea e delimitou o que enfatizar no ensino: rochas, tipo de porosidade e permeabilidade. Dessa forma, os temas das aulas foram identificados e explorados a partir de ideias não científicas.

Trabalhos acadêmicos que abordam problemas ligados ao tema desta dissertação são inúmeros e esclarecedores, porém estão distantes do cotidiano da maioria dos professores em atividade no ensino básico. Esse distanciamento pode ser minimizado por meio de Formação Continuada de Professores, uma vez que pode ser uma oportunidade para promover aproximação da metodologia e teoria acadêmica com profissionais ligados ao público alvo da educação básica.

Entender como os alunos constroem suas explicações acerca de fenômenos observados serviu para formar uma ideia das variáveis a serem consideradas durante todo o processo de ensino-aprendizagem. A análise das falas dos alunos foi essencial para compreender como geram hipóteses e conclusões a partir de um quadro parcial de informações (os aspectos observáveis). Esses construtos possibilitaram identificar as ideias prévias e como estas interferem para construir conhecimento.

Mas aponto um aspecto perceptível envolvendo a interação entre pesquisador e professor na execução da atividade. Fica nítida em alguns momentos a ansiedade do “eu” professor para que os alunos atingissem explicações mais elaboradas e próximas da realidade científica. Essa cultura é notada na maioria dos professores, que muitas vezes forçam os alunos a aprenderem de uma pré-determinada linha de pensamento, a do próprio professor. Que na maioria das vezes pode não gerar o mesmo sentido para o aluno, mostrando total desconexão com suas ideias prévias.

Dessa forma, alguns alunos se sentiram orientados, sendo que alguns até forçados, a seguirem certos caminhos nas discussões, mesmo não significando nada em sua esfera pessoal de conhecimento. Essa aproximação como professor era uma preocupação que me acompanhava antes e de certa forma concretizou-se durante a atividade. Mas apesar dessa minha característica, alguns alunos interpretaram os fenômenos de forma independente e percebeu-se que quando indagados, defendiam suas explicações com dados obtidos na aula e também no conhecimento cotidiano.

Os alunos não possuíam um repertório de idéias científicas que serviria como auxílio na interpretação do caminho da água subterrânea, bem como não houve preparação que facilitasse a aceitação de novos conceitos que refutassem as ideias prévias. Notou-se que os alunos tendem a explicar determinados fenômenos a partir de conhecimentos adquiridos na vivência do dia-a-dia.

Estas explicações não científicas se mostraram estáveis e coerentes com as expectativas cognitivas da maioria dos alunos, uma vez que não apresentaram discordância com o modo de entender o mundo que possuem, pois de certa forma já fazem parte de sua gama de interpretações e certamente de muitos membros de seu convívio social.

No caso específico do reservatório subterrâneo, essa problemática se potencializa por meio da natureza oculta do reservatório subterrâneo do ciclo da água. Como não há possibilidade de uma observação direta dos fenômenos que ocorrem em seu interior, os alunos ficam livres a interpretar de acordo com suas convicções. Dificultando a formação de conflitos com as ideias científicas, uma vez que as desconheciam.

Inúmeros trabalhos revelam que o principal obstáculo o entendimento do reservatório subterrâneo é sua natureza oculta. Muita das percepções que os alunos adquirem do ambiente é por meio da visão. Essa janela para o mundo influencia muito a interpretação dos alunos, que acabam efetuando correlações entre o visível e o não visível. Possivelmente esse é um dos motivos para explicar o porque de muitas idéias prévias presentes nas falas sempre são acompanhadas por explicações que podem ser observadas diretamente.

Um exemplo marcante é o de alunos tendendo a considerar o reservatório subterrâneo como uma esponja por analogia com observações cotidianas. Nesta pesquisa, percebe-se que

conhecimento da constituição dos materiais que formam as rochas está vinculado a essa dificuldade.

O modelo de reservatório subterrâneo associado a esponja apresentou variantes. Alguns alunos consideram o próprio grão de areia poroso. Há sucessão da porosidade: a amostra de arenito é porosa, mas cada grão também absorve água. Dessa forma, admitem que há espaços entre os grãos por onde a água pode passar, mas supõem que a água fique armazenada dentro de cada grão. Essa forma de pensar não reflete integralmente a ideia de esponja, porém ilustra a dificuldade de entender o comportamento do grão de areia. Acha-se relacionada à dificuldade de ver fenômenos não diretamente observados. Outras crianças acreditam que a água infiltre pela superfície da amostra, mas dentro dela permaneça sem necessidade de existir poros na rocha.

A observação e manipulação de amostras de rochas chamam atenção dos alunos para transformações que podem ter ocorrido nos materiais terrestres e inicia a percepção de propriedades que ajudam a construir ideias científicas do reservatório subterrâneo. Atividades mais específicas voltadas para desvendar os conceitos de porosidade e permeabilidade são necessárias para enfrentar as dificuldades cognitivas identificadas. Aulas podem tratar do estudo das características de minerais e rochas, devem incluir experimentos voltados para a principal dificuldade apresentada pelos alunos: a abstração dos fenômenos não diretamente observados.

Apesar da natureza oculta do reservatório subterrâneo, existem estratégias que poderão ser usadas para sanar essa dificuldade. Por meio de simples modelos que poderão ser construídos com poucos recursos, o aluno poderá formar uma ideia mais próxima da científica. Esse contato com modelos simples e bem construídos poderão ajudar na substituição das ideias do senso comum. Mas deixamos claro que modelos sempre apresentarão problemas para o processo de aprendizagem, pois no meio natural, os alunos facilmente não conseguirão estabelecer as relações desejadas entre modelo e realidade.

Para minimizar esse aspecto, durante o processo de aprendizagem, deverão ser apresentados, e se possível manipulados concomitantemente ao modelo estudado, afloramentos de água (nascentes, olhos de água, etc.), córregos, taludes examinados em sua constituição material (tipo de material rochoso). Dessa forma, os modelos experimentais ajudarão a montar a

ideia dos intercâmbios entre água subterrânea, superficial e atmosférica. Isso complementa a noção de permeabilidade cujos modelos de laboratório conduzem a ideias estáticas.

As ideias que os alunos carregam do cotidiano para dentro do ambiente escolar necessitam ser contrariadas. Modelos, experimentos e atividades de campo devem enfrentar os conceitos adotados pelos alunos, pois os encaminham a perceberem que há mais explicações do que aquelas que eles possuíam antes de ir para escola. Adicionalmente, é necessário reforçar a importância de ideias universalmente aceitas pelo conhecimento científico. Finalmente, o aluno deve perceber a existência de coerência entre conceitos científicos e a importância de usá-los para compreender o ambiente.

Assinalamos que é crucial o professor estar atento ao embate entre ideias científicas e cotidianas. O professor deve criar um espaço de debate que considere a forma como os alunos pensam e interpretam os fenômenos naturais. É preciso criar estratégias e situações que gerem manifestações dos alunos para testar suas ideias, identificá-las e traçar esquema para substituí-las por noções mais integradas.

Essa preocupação deve ser intensa por parte do professor, uma vez que essas ideias do senso comum estarão sempre presentes no ambiente escolar. A nosso ver, o caminho desenhado na pesquisa poderá construir um entendimento cientificamente correto. Mas esse objetivo necessita de pesquisa, preparo e tempo. Pesquisa para aproximar a teoria acadêmica da prática na sala de aula, considerando as ideias prévias, as dificuldades intrínsecas ao tema e os dados locais. Preparo no tocante de realizar uma aula que estimule a interação dos alunos e a construção social do conhecimento a partir da manipulação de materiais. E tempo, na perspectiva da persistência das ideias do senso comum, necessitando de uma lenta e estruturada estratégia.

8 - Referências Bibliográficas

Amaral et al. Avaliando Livros Didáticos de Ciências. Análise de coleções didáticas de Ciências de 5ª a 8ª séries de ensino fundamental. In: Fracalanza, H. Megid Neto, J. (Orgs.). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komedi. 2006. P.197-216.

Amaral, I. A. Ambiente, Educação Ambiental e Ensino de Ciências. São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. In: Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. **Ciências na Escola de 1º Grau: Textos de Apoio à Proposta Curricular**. 2ª Edição. São Paulo: SE/CENP, 1996. Cap. 4 P. 39-62

Amaral, I. A. **O Conteúdo e o Enfoque dos Livros de Geologia Introdutória**. 1982. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Aoki, V. (Org.). **Projeto Araribá: Geografia 5ª série**. 1ª Ed. São Paulo. Moderna, 2006.

Arroyo, M. G. Experiências de inovação educativa: o currículo na prática da escola. In: Moreira, A. F. B. (Org.) **Currículo: políticas e práticas**. 5 ed. Campinas, SP: Papirus, 2002. P. 131-164.

Bach i Plaza, J. et al. Consideraciones en torno a la didactica del los procesos geologicos, Henares. **Rev. Geol.** 2, 213-221. 1988.

Bach i Plaza, J.; Brusi i Belmonte, D. Reflexiones y recursos sobre la didactica del ciclo del agua, Henares, **Rev. Geol.**, 2, 223-232. 1988.

Bacci, D. de L. C. et al. Avaliação dos conceitos de senso comum em Geociências de professores e alunos do Ensino Fundamental. In: **I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional**, 2007, Campinas. CD I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional "O Ensino de Geologia no Brasil". Campinas, v. s/n. p. 57-65. 2007.

Bar, V. Children's Views About the Water Cycle. **Science Education**, v.73, n.4, p.481 – 500. 1989.

Barros, M. A. ; Carvalho, A. M. P. . A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Ciência e Educação** (UNESP), UNESP - Bauru, v. 5, n.1, p. 83-94, 1998.

Ben-Zvi-Assarf, O.; Orion, N. Development of System Thinking Skills in the Context on Earth System Education. **Journal of Reserch in Science Teaching**. V.42, n.5, p.518-560. 2005a.

Ben-Zvi-Assarf, O.; Orion, N. A Study of Junior High Student's Perceptions of the Water Cycle. **Journal of Geoscience Education**. V.53, n.4, p.366-374. 2005b.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Documento Introdutório**. Brasília: MEC/SEF, 1996.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Geografia**. Brasília: MEC/SEF, 1998a.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998b.

Campos, H.C.N.S.; Canesin, M.B.S. Aquífero Guarani: um retrato 3x4 de gestão e da experiência com estudantes em Ribeirão Preto (SP). **Terræ Didática**, Campinas.v.3, n.1, p.74-85. 2008.

Capecchi, M. C. V. de M.; Carvalho, A. M. P. de. Argumentação em uma Aula de Conhecimento Físico com Crianças na Faixa de Oito a Dez Anos. **Investigação em Ensino de Ciências**. v.5, n.3. p. 171-189. 2000.

Carneiro, C. D. R. et al. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. **Revista Brasileira de Geociências**. v.34, n.4. p.553-560. 2004.

Carneiro, C. D. R. Viagem Virtual ao Aquífero Guarani em Botucatu (SP): Formação Pirambóia e Botucatu, Bacia do Paraná. **Terræ Didática**, Campinas. V.3, n.1, p. 50-73. 2007.

Cavicchia, M. E. **Desenvolvimento de modelo numérico para gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos na área do Projeto Piloto de Ribeirão Preto**. 2007. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.

Compiani, M. Os Locais e as Escalas e suas Dimensões Horizontal e Vertical nos Trabalhos Práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. **Ciência e Educação**. V.13, n.1, p.29. 2007.

Compiani, M. La dimensión horizontal y vertical del lugar, en los trabajos prácticos geológicos. **Alambique (Didáctica de las Ciencias Experimentales)**. n.47, p.38-47. 2006.

Compiani, M.; Carneiro, C. D. R.. Os Papéis Didáticos das Excursões Geológicas. **Enseñansa de las Ciencias de la Tierra**. V. 1 p.90 – 98. 1993.

Conti, J. B.; Furlan, S. A. Geoecologia: O Clima, os Solos e a Biota. In Ross, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. P. 67-208

Cruz, J. L. C. (Org.). **Projeto Araribá: Ciências 5ª série**. 1ª Ed. São Paulo: Moderna. 2006.

Cunha, C. A .L. **A geologia introdutória nos livros didáticos no Brasil: um estudo da coerência interna dos textos através do conceito de geossinclinal**. 1986. 207 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

Dickerson, D.; Callahan, T. Ground Water is not as Educational Priority. **Ground Water**. V.44, n3. p.323. 2006.

Dickerson, D. Dawkins, K.; Eight Grade Student's Understandings of Groundwater. **Journal of Geoscience Education**. V.53, n.2, p.178-181. 2004.

Dickerson, D. L. et al. Student's Conceptions of Scale Regarding Groundwater. **Journal of Geoscience Education**. V.53, n.4, p. 374-380. 2005.

Dickerson, D. L. et al. Groundwater in Science Education. **Journal of Science Teacher Education**. V.18 p. 45-61. 2006.

Driver, R. et al. Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias. In: Driver, R. et al. (Orgs.) **Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1989a.

Driver, R. et al. Algunas características de las ideas de los niños y sus implicaciones en la enseñanza In: Driver, R. Et al. (orgs) **Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1989b.

Driver, R. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**. n.9, p. 31-40. 1999.

ESCP (Earth Science Curriculum Project). **Investigando a Terra**. São Paulo: McGrall Hill do Brasil. 1973

ESCP (Earth Science Curriculum Project). **Investigando a Terra: Manual do Professor**. São Paulo: McGrall Hill do Brasil. 1976.

Freitag, B. et al. **O Livro Didático em Questão**. São Paulo: Cortez, 1989.

Frodeman, R. L. **Earth Matters: The Earth Sciences, phylosophy and the claims of community**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

Fumagalli, L. O Ensino das Ciências Naturais no Nível Fundamental da Educação Formal: argumentos a seu favor. Didática das Ciências Naturais. In: Weissmann, H. (Org.). **Didática das Ciências Naturais. Contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

Garavello, T.M.; Garcia, H.C. **Geografia: Espaço Geográfico e Fenômenos Naturais: 5ª Série EF**. São Paulo, Scipione. 2005.

Gebran, R. A. A Geografia no Ensino Fundamental: aplicabilidade dos parâmetros curriculares nacionais. **Revista Teoria e Prática da Educação**. v.8, n.1, p.11-18. 2005.

Gewandsnajder, F. **Ciências: O Planeta Terra: 5ª Série EF**. São Paulo: Ática. 2002.

Gianinni, P. C. F. Depósitos e Rochas Sedimentares. In: Teixeira, W. et al. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. P. 285-304.

Gonçalves, P. W. A Geologia Introdutória na universidade: análise de um modelo de curso. **Cadernos do IG/UNICAMP**. v.4, n.2, p. 90-116. 1994.

Grego, C. et al. O Ciclo da Água Frente à Urbanização: um estudo do córrego dos Campos. **SEMINÁRIO FALA OUTRA ESCOLA**. 3°. Campinas: GEPEC, UNICAMP. 2006.

Hagy, R. D.; Villanova, G. L. O Ciclo da Água e a Urbanização: um estudo do meio (microbacia de drenagem do córrego dos Campos) com alunos da terceira série do ensino médio. In: **I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional**, 2007, Campinas. CD I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional "O Ensino de Geologia no Brasil". Campinas, v. s/n. p. 119-124. 2007.

Hamburguer, A. I.; Lima, E. C. A. S. O ato de ensinar Ciências. **Em Aberto**. Brasília. V.7, n 40, p. 12-17. 1988.

Hannoun, H. **El niño conquista el medio: las actividades exploradoras en la escuela primaria**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1977.

Hirata, R. Recursos Hídricos. In: Teixeira, W. et al. (orgs). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. P. 421-444.

Jiménez Aleixandre, M. P.; Pérez, P. A.; Castro, C. R. Argumentación em el laboratorio de Física. **Atas do VI EPEF**, Florianópolis SC, 1998.

Karmann, I. Ciclo da Água: Água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira W. et al. (orgs). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. P. 113-138.

Leinz, V.; Amaral, S. E. do. **Geologia Geral**. 14^a Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

Matthews, M.R. **Science teaching**: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.

Megid Neto, J.; Fracalanza, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. In: Fracalanza, H. Megid Neto, J. (Orgs). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. P.153-171.

Mogilnik, M. Como Tornar Pedagógico o Livro Didático de Ciências? **Em Aberto**. Brasília. V.16, n.69. 1996.

Moreira, J.C.; Sene, E de. **Trilhas da Geografia: A Geografia no dia-a-dia: 5ª Série EF**. São Paulo, Scipione. 2000.

Morin, E. **O paradigma perdido: a natureza humana**. 4.ed. Lisboa: Europa-América, 1988.

Moreira, M.A. O professor pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de Ciências. **Em Aberto**. Brasília. V.7, n.40, p.43-54. 1988.

Nagel. E. Ciência: Natureza e Objeto. In: Morgenbesser, S. (Org.). **Filosofia da Ciência**. São Paulo: Cultrix, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975. P. 11-24.

Nardi, R.; Carvalho, A. M. P. de. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra. **Investigação em Ensino de Ciências**. V.1, n.2, p. 132-144. 1996.

Nussbaum, J. La constitución de La matéria como conjunto de partículas em la fase gaseosa. In: Driver, R. et al. (Orgs.) **Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia**. Madrid Ediciones Morata, 1989.

Oliveira, A. M. dos S. et al. Análise Geoambiental Aplicada à Microbacia Urbana na Região do Cabuçu, Guarulhos (SP). In: 11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Nov 2005, Florianópolis – SC. CD **11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**. Florianópolis – SC. V. s/n. p. 797 – 811. 2005.

Orion, N.; Kali, Y. The effect of an Earth-Science learning program on students' scientific thinking skills. **Journal of Geoscience Education**. v.53, n.4, p.377-393. 2005.

Ogborn, J. Science and Commonsense. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.6, n.1. 2006.

Press F. et al. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Ribeiro, S. R. et al. Interdisciplinaridade por meio da concepção de ciclo da água em uma bacia de drenagem de Campinas, SP. In: I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional, Campinas. CD **I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional "O Ensino de Geologia no Brasil"**. Campinas, 2007. v. s/n. p. 101-109. 2007.

Secretaria General Del Proyecto Para La Proteccion Ambiental y Desarrollo Sostenible Del Sistema Acuífero Guarani. Disponível em: http://www.sg-guarani.org/microsite/pages/pt/info_aguas.php Acessado em: 24/08/2008.

Sibley, D. F. et al. Box diagrams to assess student's systems thinking about the rock, water and carbon cycles. **Journal of Geoscience Education**. v.55, n.2, p.138-146. 2007.

Sicca, Natalina Aparecida Laguna; GONÇALVES, Pedro Wagner. Inovações curriculares: a cidade como objeto de ensino. **COLÓQUIO LUSO-BRASILEIRO DE QUESTÕES**

CURRICULARES, 4. Florianópolis (SC), Anais Currículo, teorias e métodos. 17p. CD-Rom. 2008.

Silva Jr., C. da; Sasson, S., Sanches P.S.B. **Ciências: entendendo a natureza: o mundo em que vivemos**. 5ª Série E.F. São Paulo: Saraiva, 1998.

Shepardson, D. P. et al. Wayer towers, pump houses, and mountain streams: student's ideas about watersheds. **Journal of Geoscience Education**. V.53, n.4, p. 381-386. 2005.

Sugahara N.N.G. Ideias Prévias – Um ponto de partida no ensino do ciclo hidrológico em aulas de Ciências. **Ciência e Ensino**, v.10. junho. 2001.

Taiwo, A. A. et al. Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. **International Journal os Science Education**. V.21, n.4, p.413-429. 1999.

Teixeira W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Torres, J. R. et al. Articulações entre investigação temática e a abordagem relacional: uma concepção crítica das relações sociedade-natureza no currículo de ciências. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v.1, n.3, p.55-77. 2008.

Toulmim, S. E. **Os usos do argumento**. 2ª Edição. São Paulo – Martins Fontes, 2006.

Tundisi, J. G. et al. Bacia Hidrográfica como Laboratório Experimental para o Ensino de Ciências, geografia e Educação Ambiental. Schiel, D. et al. (Org) **O Estudo de Bacias Hidrográficas: Uma Estratégia para Educação Ambiental**. 2ª ed. São Carlos: RiMa. p. 3 – 8. 2003.

Villanova, G. L. Descortinando a noção de ciclo da água no ensino médio: um estudo sobre alunos do ensino médio de Cajuru. In: **I Seminário Internacional em Educação: Formação de Professores**. Ribeirão Preto. Anais do Seminário Internacional em Educação: Formação de Professores. 2007.

Villani, C. E. P.; Nascimento, S. S. do. A Argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física no ensino médio. **Investigação em Ensino de Ciências**. V.8, p. 187-209. 2003.

Vilches, A. et al. Da necessidade de uma formação científica para uma educação para a cidadania. In: I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional, 2007, Campinas. CD **I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra/III Simpósio Nacional "O Ensino de Geologia no Brasil"**. Campinas, v. s/n. p. 421-426. 2007.

Zanon, J. **Microbacia hidrográfica do córrego dos Campos, Ribeirão Preto-SP**: base de dados geológicos e geotécnicos na elaboração de cartografia ambiental. 2006. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.