



# COMO ALUNOS APRENDEM NOÇÕES SOBRE ROCHAS E MINERAIS?

## HOW DO PUPILS LEARN NOTIONS ON ROCKS AND MINERALS

**Renato Donato Hagy<sup>1</sup>**

**Pedro Wagner Gonçalves<sup>2</sup>, Celso Dal Ré Carneiro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Professor de Geografia/Escola Estadual Profa. Irene Dias Ribeiro/ e-mail: renatodonato@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas/Programa de Pós-Graduação em Ensino e História de Ciências da Terra/Instituto de Geociências, e-mail: pedrog@ige.unicamp.br e cedrec@ige.unicamp.br

### Resumo

Estudos de rochas e minerais constituem, para muitos professores, desafio educativo diretamente proporcional ao sentimento de incapacidade de tratar tema tido como complexo e difícil de trazer para o ambiente de sala-de-aula. Procuramos relativizar tais dificuldades, a partir de experiência que resgatou como alunos de 11-12 anos de idade constroem argumentos e formulam idéias acerca de propriedades de materiais terrestres. Esse campo de pesquisas integra uma proposta de tratamento integrado do ambiente terrestre. Concluímos pela existência de, ao menos, duas dimensões do estudo de rochas e minerais pelos estudantes. É necessário reconhecer: (a) o significado das interpretações formuladas a partir do estudo de materiais terrestres, acerca de processos não-reprodutíveis em laboratório; (b) o caráter metodológico nos estudos que manipulam amostras: os alunos envolvidos na pesquisa compararam propriedades físicas e reconheceram certos índices nas amostras fornecidas. O procedimento levou-os a reconhecer a existência de transformações que ficaram registradas nesses produtos.

**Palavras-chave:** Ensino de Geociências, rochas e minerais, ensino fundamental, amostras e manipulação didática, História da Geologia.

### Abstract

Studies of rocks and minerals impose an educational challenge for many teachers, which is directly proportional to their sense of inability to address the issue. Didactic handling of samples is considered complex and difficult to bring into classrooms. We propose to reduce

this difficulty, from an experience that recovered how K-11 – K-12 students construct arguments and formulate ideas about properties of Earth materials. This proposal follows an integrated approach of Earth environments. When rocks and minerals are studied by students at least two dimensions should be considered. It is necessary: (a) to recognize the significance of interpretations from the study of Earth materials as products of processes non-repeatable in laboratory; (b) the methodological aspect of manipulating samples: the students have compared some physical properties and recognized a few indicators in the provided samples. The process led them to recognize the existence of natural changes that were recorded in these products.

**Keywords:** Teaching of Earth Sciences, rocks and minerals, elementary school, didactic handling of samples, History of Geology.

## INTRODUÇÃO

A importância das atividades de manipulação, bem como atividades experimentais indutivas nos mais diversos níveis de ensino é amplamente reconhecido no Ensino de Ciências, bem como para Ciências da Terra.

Esse caminho educativo encontra suporte em estudos construtivistas desde as teorias de aprendizagem que remontam às influências de Jean Piaget no Ensino de Ciências, mas vai além disso: propostas e abordagens de Educação em Ciências, desenvolvimento de tópicos, etc. todos contribuem para compreender as vantagens de manipulação, no ensino, de instrumentos analíticos simples e diversos tipos de materiais, tais como objetos, amostras de rochas e minerais, até exemplares de seres vivos.

Noções, conceitos e processos terrestres possuem profunda influência para formar a concepção de ambiente de qualquer cidadão. Há múltiplos motivos para tanto: envolvem aspectos metodológicos, procedimentos e raciocínios, bem como o comportamento de fenômenos cruciais do ambiente (contaminação de águas, disposição de resíduos, etc.).

Quais são as operações envolvidas, requisitos e raciocínios empregados durante a manipulação de amostras? Este é o alvo deste texto. Tentamos mostrar que as Ciências da Terra trazem importante contribuição para compreender o cambiante ambiente terrestre.

Carneiro et al. (2004) revisam a literatura que enfatiza a importância desses estudos e indicam motivos diretamente vinculados ao conteúdo, aos procedimentos e raciocínios empregados para descrever a natureza e assinalam a visão integrada do planeta. Os autores assinalam que um cidadão comum deve obter, desde a etapa de escolarização, uma visão integrada do planeta que lhe permita entender, minimamente, a dinâmica terrestre e o papel das sociedades humanas nesse contexto.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é descrever como alunos de 11-12 anos de idade constroem argumentos que indicam suas idéias sobre propriedades de materiais terrestres.

É parte de um conjunto de pesquisas acerca de como a natureza da matéria é compreendida pelos alunos ao se debruçarem sobre a crosta terrestre e, dessa maneira, pretende sugerir o que é importante considerar ao se ensinar Ciências da Terra (como é mais extensamente exposto no *Referencial teórico*). Além disso, enfatiza a importância de

os alunos manipularem amostras de materiais terrestres. Teasdale et al. (2008) mostram como essa manipulação ajuda os estudantes a adquirir segurança para classificar materiais terrestres comuns. Insistem, ainda, que a atividade é importante para alunos construírem relações que ajudem a entender o fenômeno natural, bem como seus vínculos com outros campos de conhecimento (os autores exploram especialmente a história geológica da Califórnia).

Nesta pesquisa, a manipulação de amostras é tratada sob a perspectiva histórica e pretende contribuir para revelar possíveis papéis da História da Ciência para o ensino.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Crespo e Pozo (2004) discutem relações de propriedades da matéria e os modelos que jovens formulam sobre a matéria quando o tratamento é feito a partir de uma abordagem físico-química. Krnel e Glazar (2003) exploram conceitos ligados à classificação de materiais. Dolphin (2008) indica quais são os princípios fundamentais necessários para compreender a tectônica de placas como uma teoria física e histórica, constrói a atividade de seus alunos a partir de perguntas que remetem a pontos-chaves e passos decisivos de Ciência do Sistema Terra; revela como as escalas espaciais envolvidas são cruciais para o entendimento dos alunos.

Orion e Kali (2005) assumem que a investigação é método importante da Educação em ciências. Adotam, ainda, que a investigação é diversa em cada disciplina. Isso gera estudos que envolvem o uso de princípios e descobertas, porém sob aspectos qualitativos e quantitativos muito distintos. Os autores argumentam que a investigação em Geociências tem característica única: os *experimentos* são conduzidos na natureza. Conseqüentemente muitas pesquisas geológicas são do tipo retrospectivo, buscando revelar o que ocorreu no passado a partir de marcas deixadas sobre a Terra. Isso conduz a fazer inferências a partir de observações mais do que operar com experimentos, trata-se de um campo favorável para tratar as operações mentais de: observação, conclusão e formulação de hipóteses. Finalmente, completam: tratar o ciclo das rochas pode conduzir alunos a entender aspectos cruciais da investigação científica.

### A) O que significa estudar rochas e minerais?

Thrust (1990) expõe a definição de rocha:

“Em termos específicos, é qualquer agregado naturalmente formado ou, se não for consolidado, é massa de matéria mineral que constitui parte essencial e apreciável da crosta terrestre. Em termos mais comuns, qualquer massa de matéria mineral consolidada, naturalmente formada, pedra.” Thrust (1990, p.932)

O termo mineral no mesmo dicionário é:

“Substância inorgânica que ocorre na natureza (embora possa ser originada a partir de organismos) que possui: i. composição química definida ou, o que é mais comum, uma faixa característica e delimitada de composição química, ii. propriedades físicas determinadas ou estrutura molecular. Com poucas exceções é sólido cristalino. Em sentido

amplo (não técnico) o termo inclui todas as substâncias orgânicas e inorgânicas extraídas da crosta terrestre para uso humano, p.ex. petróleo.” Thrust (1990, p.710)

As definições pouco indicam sobre qual é o significado ambiental das rochas e minerais. Potapova (1968) assinalou que os processos geológicos precisam ser descobertos duas vezes: primeiro são descritos e modelados pelos diversos campos científicos e tecnológicos que estudam o presente (Física, Climatologia, Engenharia, etc.), depois precisam ser reconhecidos por meio de suas formas ossificadas na crosta terrestre, ou seja, por meio da distribuição e organização de rochas e minerais.

O pensamento da autora soviética revela que, ao interpretar o significado das características de rochas e minerais, estamos desvelando as características que ficaram impressas dos ambientes do passado. A presença de certos minerais nos materiais terrestres indicam as condições físico-químicas que persistiram em certo período de tempo, ou seja, a história química e bioquímica da Terra.

Potapova (1968) assinala, ainda, uma diferença dos estudos geológicos quando comparados a pesquisas da Física ou da Química: trata-se de estudos sintéticos que consideram os fenômenos em termos globais e integrados.

Frodeman (1995) aclara os procedimentos racionais adotados para construir as explicações integradas, globais e temporais que caracterizam os estudos da Terra. Limites experimentais, modelos sistêmicos e complexos, escalas espaciais e temporais muito diversas conduzem a construtos narrativos e hipotéticos que adotam o círculo hermenêutico para desenvolver teorias e compreender os processos terrestres.

Essa montagem conceitual possui raízes históricas que remetem aos pensadores clássicos das ciências geológicas e aos naturalistas que contribuíram para instituir a Geologia moderna no século XVIII.

A defesa de um método de trabalho apoiado na elaboração de hipóteses está próxima de descobertas associadas a processos ocorridos no passado que precisam ser reconhecidos por meio da composição, distribuição e organização de rochas e minerais. Diversos processos e dinâmicas podem ter sido responsáveis por deixar essas marcas.

## **B) O que rochas e minerais informam sobre mudanças no ambiente terrestre?**

Entre 1780 e 1890, os estudos da Terra foram marcados por debates e controvérsias, como p.ex: plutonistas *versus* netunistas, uniformitaristas *versus* catastrofistas, naturalistas partidários do tempo profundo *versus* físicos defensores de curta história da Terra. No centro de polêmica residia a possibilidade de interpretar os mesmos registros rochosos de diferentes modos. A origem dos granitos (formados a partir de processos ígneos ou sedimentares) foi especialmente relevante para compreender os procedimentos usados para classificar rochas.

Um aspecto poucas vezes claramente percebido é que tais dúvidas possuem duas raízes: uma está ligada ao caráter temporal, ao tentar descobrir um processo que não é observável, nem reproduzível, em laboratório. Outro é que os fenômenos estudados são sempre complexos e integrados.

Já indicamos que, diferentemente de outros campos em que há estudo de partes isoladas, os fenômenos terrestres envolvem aspectos sintéticos que não podem ser separados. Um bom exemplo é o estudo da mudança climática. As características da atmosfera do passado (composição, circulação de massas de ar, distribuição de umidade,

etc.) precisam ser identificadas em marcas e evidências deixadas em rochas e minerais, p.ex. sabemos que São Paulo a 180 milhões de anos atrás era um deserto quente e seco devido a grãos de quartzo foscos, avermelhados, bem selecionados que encontram-se nos arenitos. Esses sedimentos deram origem a rochas que são conhecidas como Arenito Botucatu. Em outras palavras, recorremos às rochas e minerais para descobrir o passado. Entender a mudança climática ocorrida, bem como apreender o clima que existiu no passado é um fenômeno sintético que envolve interpretar o significado de evidências achadas nos materiais rochosos.

O tratamento sintético de fenômenos está presente nos estudos da Terra desde a emergência da moderna ciência geológica no século XVIII. A prospecção de bens minerais e energéticos dependeu da descrição precisa da distribuição de rochas e da adoção de critérios identificadores, assim como, a previsão do futuro curso da mudança climática depende de compreender os mecanismos que atuam modificando o clima.

Hutton (1788), reconhecido no século XVIII como prospector, argumenta em favor de sua teoria para explicar a consolidação das rochas por meio do calor interno da Terra a partir de estudos feitos em sua coleção de amostras de rochas, minerais e fósseis.

O naturalista britânico na segunda parte de sua exposição compara mármore e calcários da Espanha, Irlanda e Escócia e seus diferentes graus de *endurecimento* (consolidação) para mostrar que o calor e a fusão do interior da Terra atuaram para formar tais materiais (Hutton, 1788, p.252-254).

Em outros termos, a partir de caracteres externos, grau de agregação de materiais, relações de formas foi construída uma classificação dos materiais. As classes e as formas fornecem indícios do que ocorreu no passado, ou seja, como escreveu o próprio Hutton: um bom conjunto de amostras revela o que existe e o que aconteceu em uma vasta região ao seu redor (Gonçalves, 2008, explica como isso foi essencial para a prospecção geoquímica).

De forma simulada nota-se que estudantes repetem alguns passos essenciais desses procedimentos diante de uma coleção de rochas e minerais. O que importa assinalar aqui é o quanto isso representa o desenvolvimento de habilidades cognitivas que contribuem para interpretar mudanças ambientais.

## **ESQUEMA DE PESQUISA**

No segundo semestre de 2008, foi desenvolvida uma seqüência de atividades com alunos de 11 e 12 anos em escola estadual do interior paulista. A investigação foi feita com amostra de 38 alunos, divididos em dois grupos (um com de 20 e outro com 18 alunos), ambos participaram de programa voltado para compreender as variáveis envolvidas na formação do conceito de aquífero.

Foram aplicadas 3 horas aula (de 50 min cada uma) distribuídas em 9 semanas, fora do horário normal de aulas.

O tema central do programa foi *propriedades de materiais terrestres*. Especial atenção foi atribuída aos conceitos de porosidade e permeabilidade para discutir a circulação da água subterrânea.

Nos limites deste trabalho, é examinada a descrição de reservatórios subterrâneos de água feita pelos estudantes foram examinadas em apenas uma das atividades do programa.

Essa atividade foi gravada e transcrita. Houve gravações gerais dos debates com toda a classe, bem como os debates de pequenos grupos de 5 e 4 estudantes também foram registrados e transcritos.

### **a) Atividade didática**

O professor perseguiu uma orientação indutiva para colher as idéias dos alunos e flagrar o senso comum. As atividades com todos os alunos foi estruturada na forma de diálogo.

Os alunos receberam uma coleção de amostras de rochas (amostras 1 a 5, respectivamente: [1] basalto, [2] arenito silicificado, [3] granito rosa, [4] arenito Botucatu, [5] granito verde). Além disso, os alunos dispuseram de lupa, canivete e água para fazer suas observações.

A aula foi organizada em fases. Na primeira fase o professor introduziu o assunto, indicou os objetivos da aula e explicou que materiais seriam usados pelos alunos. A segunda correspondeu à observação, comparação e descrição de amostras de rochas feitos pelos próprios alunos organizados em pequenos grupos (4 e 5 alunos). A terceira fase ocorreu depois de um debate geral no qual o professor dirigiu os argumentos dos alunos para perceber propriedades físicas das amostras (porosidade e permeabilidade), após o qual houve nova rodada de observação, comparação e descrição, combinada a um experimento com as mesmas amostras de rochas, mantidos os pequenos grupos de alunos.

### **b) Procedimentos metodológicos**

A coleta de dados foi baseada em pesquisa qualitativa (Bogdan e Biklen, 1982). Para identificar o conhecimento dos estudantes e sua percepção sobre os materiais terrestres usou-se uma pequena amostra de alunos de 5ª série do ciclo II do ensino fundamental (atual 6º ano desse nível de escolaridade com nove anos)

Os alunos apresentaram suas idéias de forma oral. Os alunos foram indagados de modo indutivo para revelar o que estavam observando, formular hipóteses sobre as amostras, discutir suas divergências e apresentar suas conclusões. Terminada a primeira etapa (identificação das características dos materiais rochosos), houve nova rodada de observações (experimento com as amostras) de modo que pudessem revisar as conclusões inicialmente obtidas.

Os diálogos feitos pelos alunos foram examinados a partir de debates históricos que ajudaram a identificar idéias *ambientais*, e *erros conceituais* sobre rochas e minerais, bem como a presença de explicações interpretativas e hipotéticas que caracterizam os raciocínios de Ciências da Terra.

Trata-se, portanto, de uma análise qualitativa feita por meio de pesquisa participante que identifica conceitos científicos sobre propriedades da matéria.

## **RESULTADOS**

A análise dos diálogos revela que alunos do ensino fundamental podem identificar propriedades físicas dos materiais rochosos mediante raciocínios que revelam elaboração de hipóteses, confronto de idéias e determinação de variáveis que ajudam a compreender a natureza da matéria.

Diante das amostras de rochas os alunos iniciam a observação de forma dispersa. Quase ao mesmo tempo, percebe-se alguma interação que conduz a observarem coletivamente as amostras. Alguns depoimentos posteriores revelam existir certa sensação de incapacidade e falta de preparo (prévio), mas aos poucos esse sentimento dá lugar a uma

inquietação e muitos alunos se sentem desafiados a enfrentar o problema (no sentido de algo que se impõe como enigma a ser decifrado).

A medida que observam a amostra 1 (basalto), introduzem dados empíricos. A princípio, não há muita interação pois um aluno não questiona a observação feita pelo outro, mas passam rapidamente a examinar os materiais. Assinalamos, ainda, a observação comparativa de amostras diferentes para construir parâmetros de observação, como está presente no diálogo do pequeno grupo:

- ALUNO {7} - ela tem muita areia, como é que fala, esqueci.  
ALUNO {8} - buraco.  
ALUNO {7} - ela tem muitos buracos.  
ALUNO {4} - ela não é tão áspera.  
ALUNA {9} - não é áspera, essa daqui que é áspera. [amostra 4, arenito]  
ALUNO {7} - essa daqui é a dois? [arenito silicificado]  
ALUNO {8} - não, é a que está com o [Aluno 4].  
ALUNO {4} - ela tem buracos muito pequenos. [arenito silicificado]  
ALUNA {9} - é preta, não é áspera e parece granito. [amostra 1, basalto]  
ALUNO {8} - tem algumas manchas brancas. [basalto]  
ALUNA {9} - é, tem algumas manchas meio branquicentas.

Os alunos se sentem inseguros, sobretudo para anotarem suas observações. Recorrem ao professor para confirmarem se estão certos, este, por sua vez, os incentiva a continuarem a observar.

- ALUNA {9} - ela é lisinha, você pôs que ela é lisinha? [arenito silicificado]  
ALUNO {8} - não é áspera.  
ALUNA {9} - ela não é lisinha, gente?  
ALUNO {4} - mas ela tem parte que é pontiaguda.  
ALUNO {2} - tem parte que é mais levantada. Ali é lisinha.  
ALUNA {9} - [Aluno 4], você tem que olhar aqui.  
ALUNO {8} - faz assim: fecha o olho e deixa.  
ALUNO {6} - olha, eu vou pôr aqui que ela tem superfícies mais altas do que as outras.  
ALUNA {9} - [Aluno 6], ela tem isso daqui, porque eu acho que ela foi cortada um pedaço que ela tinha.  
ALUNO {6} - ela rachou.  
ALUNA {9} - é, ela rachou.  
ALUNO {6} - então, só isso mesmo. Ela [amostra de basalto] tem muitos buracos, não é áspera, é preta, parece um granito, também tem manchas cinzentas e é brilhante também.

As observações divergentes sobre a amostra de basalto são superadas à medida que os alunos descrevem os materiais e comparam uma amostra à outra. O procedimento comparativo adota critérios analógicos que recorrem a outras referências físicas do senso comum (cor, aspereza, aparência externa da amostra). Ao mesmo tempo, a controvérsia e a dúvida de como caracterizar as amostras conduzem os alunos a fazer hipóteses (Aluna 9) para orientar suas observações. A aceitação das observações passa pelo reconhecimento social que adota aquela informação como válida nos limites daquele conhecimento.

ALUNA {5} - ela é bem áspera. [arenito silicificado]

ALUNO {2} - ela é brilhante.

ALUNA {5} - é brilhante sim. É cristalizada, tem um monte de fios, de brilhantes. Ela também tem um monte de buraquinhos, [Aluno 2]. Buraquinhos bem pequenininhos.

ALUNO {6} - cristalizada?

ALUNA {5} - cristalizada e com buraquinhos pequenininhos.

ALUNO {6} - espera aí. Ela é cristalizada.

ALUNO {2} - tem buracos minúsculos.

ALUNA {5} - e parece que ela é formada por partículas pequenininhas de rochas. Dá uma olhada. Não parece que ela é formada por um monte de rochas?

ALUNO {4} - ela é meio brilhante.

ALUNO {6} - então ela não é uma pedra normal. Ela tem várias outras grudadas nela.

Os raciocínios empregados constroem a idéia de que uma rocha é produto de transformações. A percepção da transformação acha-se vinculada à observação da existência de marcas em volta dos grãos (cristalização).

A princípio sequer a propriedade física estava clara para as crianças. A insistência da Aluna 5 serviu para orientar o que observar e foi crucial para interpretar a história da amostra.

Assinalamos, ainda, a identificação dos poros do arenito. Isso é fundamental para construir a idéia de como a água subterrânea circula nesse tipo de rocha (arenitos). Em momento seguinte, quando os estudantes examinaram arenitos mais porosos (típicos da Formação Botucatu) tornou-se ainda mais clara a diferença de comportamento de rochas quanto à permeabilidade.

O estudo que envolve amostras explora um aspecto central que é a adoção de propriedades observáveis (neste caso, somente propriedades físicas, mas a atividade poderia prever ensaios químicos) como parâmetros para comparar as diferentes amostras. Se a princípio as observações limitaram-se a cor e aspectos externos, outros diálogos revelam como os alunos avançam para propriedades mais sofisticadas (p.ex. a construção do conceito de densidade).

Ao examinar e comparar amostras aclara-se que cada material é o resultado ou produto de um conjunto de processos. A idéia dinâmica vinculada ao conceito de rocha transparece de modo mais ou menos explícito.

Ao identificar uma propriedade (no caso a densidade), os alunos passam a indagar sobre o *porquê* das diferenças entre amostras. Trata-se de um caminho que dirige a atenção dos alunos para esmiuçar o exame das propriedades e acaba conduzindo ao problema genético (*como a rocha se formou?*). As possibilidades de exame dos materiais terrestres também permitem a expressão de idéias associadas a noções animísticas e mágicas muitas vezes ligadas aos materiais rochosos, o pensamento aceita com certa facilidade que *as pedras crescem* ou *as pedras absorvem a água* tal como ocorre com plantas. Esse intercâmbio de conceitos do mundo vivo para o inanimado acha-se vinculado a generalizações complexas que fazem parte do senso comum.

Há controvérsias e dúvidas diante das características dos materiais rochosos. Esse é um obstáculo para construir explicações, índices e evidências que ajudem a classificar o material, bem como definir sua origem.

A natureza do material e os diálogos dos alunos indicam que os materiais rochosos despertam curiosidade e facilitam a caracterização prática de propriedades físicas. A



aparência externa (aspereza, brilho e forma da amostra) e as cores foram os aspectos mais chamativos. A partir dessas propriedades físicas, as crianças notaram que uma amostra é composta de distintas unidades (os grãos minerais e as relações entre si) e isso conduziu à idéia de que as rochas são produtos de processos. Essas propriedades são vistas em pares de pólos opostos, mas muito rapidamente a comparação conduz a perceber que entre pólos há termos intermediários. O exame de tais características está no cerne dos procedimentos taxonômicos que são parte integrante das chaves classificatórias, típicas da História Natural. Partindo de uma interpretação livre, e usando pensamento comparativo e analógico formularam a noção de que rochas são produtos de dinâmicas terrestres.

## **DISCUSSÃO**

Uma dimensão do problema geológico (como de qualquer outra ciência) reside no domínio da terminologia específica. Embora seja problema que dificulta até mesmo a interpretação do significado daquilo que está no discurso simples dos alunos, não foi o ponto mais difícil de ser superado.

A classificação e a construção de dipolos e objetos entre extremos taxonômicos incorpora o domínio do pensamento matemático e a possibilidade de ordenar objetos diferentes – o que é inerente à classificação. O diálogo dos alunos denuncia a dificuldade de adaptar o pensamento matemático à situação específica e o uso de propriedades físicas de materiais rochosos, ou seja, ou os alunos não dominam o pensamento matemático e estão imbuídos de raciocínios mágicos ou, de outro lado, encontram dificuldade de examinar os materiais rochosos e expressar seu pensamento por meio da linguagem oral. Apesar da dificuldade, os alunos iniciaram um processo que pode conduzir a uma idéia mais clara de rochas e minerais.

A associação de cores diferentes e grãos minerais foi apoiada em observação a partir de analogia dos caracteres externos de materiais diferentes. Esses raciocínios assemelham-se a passos dados por Hutton que, ao examinar suas amostras, buscava perceber seu grau de consolidação, bem como as relações entre grãos. A estrutura comparativa de classes gera divergências, bem como pode ser aceita por certo grupo social; apesar disso, não pode ser comprovada de modo indiscutível a partir de evidências empíricas observadas.

Essa estrutura de raciocínios comparativos apóia-se nas possibilidades de examinar e comparar amostras de mão. Em uma situação mais complexa, poder-se-ia recorrer a outros instrumentos de observação (lupas de mais de 20 aumentos, microscópios, ensaios químicos etc.) para examinar as mesmas amostras.

A controvérsia de plutonistas e netunistas sobre a origem dos granitos, ocorrida no século XVIII, revela que propriedades usadas para classificar rochas e minerais adotavam aspectos tais como grau de polimento, rugosidade etc. São, afinal, propriedades físicas diretamente observáveis. As mesmas propriedades foram usadas pelas crianças e conduziram à idéia de que as rochas foram geradas por sequências cumulativas e temporais de transformações.

## **CONCLUSÕES**

Estudos de rochas e minerais exemplificam certo campo que é parte integrante dessa perspectiva que faz um tratamento integrado do ambiente terrestre.

Há pelo menos duas dimensões que precisam ser consideradas na pesquisa sobre rochas e minerais. A primeira trata do significado que é interpretado pelo estudo dos materiais terrestres. A segunda vincula-se ao caráter metodológico associado aos estudos que manipulam amostras desses materiais.

A pesquisa mostrou que as crianças podem construir raciocínios que preparam os estudos de fenômenos terrestres a partir da manipulação de amostras de rochas. Elas perceberam que os materiais terrestres possuem índices que sugerem transformações a partir da observação e comparação de propriedades físicas observáveis.

Nossa experiência com Ensino de Ciências da Terra para alunos de diferentes idades (do ensino fundamental ao nível superior) mostra que o trabalho de manipulação de amostras de rochas e minerais é crucial na formação de raciocínios taxionômicos e na percepção de fenômenos diacrônicos. Tais raciocínios foram historicamente empregados, desde o século XVIII, para descobrir jazidas minerais e recompor a história da Terra.

Este trabalho revela, ainda, a relevância da pesquisa histórica sistemática. A História da Ciência foi essencial para interpretar os registros orais feitos pelos alunos diante da coleção de amostras.

Além disso, assinalamos que os naturalistas dedicados aos estudos da Terra por dezenas de anos examinaram e descreveram coleções de amostras de rochas, minerais e fósseis. Esses objetos naturais foram centrais na construção da moderna Geologia até o final do século XVIII quando as atividades de campo ganharam importância nas Ciências da Terra.

O campo das Ciências da Terra é um objeto de estudo difícil e por vezes traz resultados delicados e polêmicos. É uma área muito sujeita a controvérsias. Existe certo consenso sobre sua importância para compreender o ambiente e formar a cidadania, embora muitos prefiram que continue fora do currículo do nível básico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. **Qualitative research for education: an introduction to theory and methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1982. 343p.

CARNEIRO, C.D.R. ET AL. Dez motivos para a inclusão de temas de geologia na educação básica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.34, p.553-560, 2004.

CRESPO, M.Á.G.; POZO, J.I. Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. **International Journal of Science Education**, v.26, n.11, p.1325-1343, 2004.

Dolphin, G. Evolution of the Theory of the Earth: A Contextualized Approach for Teaching the History of the Theory of Plate Tectonics to Ninth Grade Students. **Science and Education**, 2008 (no prelo).

FRODEMAN, R. Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. **Geological Society of America Bulletin**, v.107, n.8, p.960-968, 1995.

GONÇALVES, P.W. James Hutton: cartas, viagens e prospecção mineral. Exemplo de uso de documentos para compreender a História da Ciência. **Circumscribere**, São Paulo, v.5, p.33-47, 2008.

HUTTON, J. Theory of the earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of the land upon the globe. **Transactions of Royal Society of Edinburgh**, Edinburgh, v.1, n.2, p.209-304, 1788.

KRNEL, Dusan; GLAZAR, Sasa S.; WATSON, Rod. The Development of the Concept of “Matter”: A Cross-Age Study of How Children Classify Materials. **Science Education**, v.87, p.621-639, 2003.

ORION, N.; KALI, Y. The effect of an Earth-Science learning program on students' scientific thinking skills. **Journal of Geoscience Education**, Washington, v.53, n.4, p.377-393, Sep. 2005.

POTAPOVA, M.S. Geology as an historical science of nature. In: **Interaction of the science in the study of the Earth**. Moscow: Progress, 1968. p.117-126. [Trad.] Geologia como uma ciência histórica da Natureza. Trad: Conrado Paschoale. *Terræ Didatica*, 3(1):86-90. URL: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>. Acesso 02.04.2009.

TEASDALE, R. Teaching rocks and minerals in the hands on lab: a teaching and learning experience for pre-credencial undergraduates at CSU Chico. **Journal of Geoscience Education**, Washington, v.56, n.5, p.401-407, Nov. 2008.

THRUST, P.W. (Ed.). **A dictionary of mining, mineral and related terms**. Washington: U.S. Department of Interior, Bureau of Miners, 1990. 1269p.