

Pesquisa em Debate

**A CONTRIBUIÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO PARA A
EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**THE CONTRIBUTION OF GEOLOGICAL KNOWLEDGE FOR
ENVIRONMENTAL EDUCATION**

Denise de La Corte Bacci

Doutora em Geociências e Meio Ambiente pela UNESP e professora do Instituto de Geociências da USP

Resumo

O conhecimento geológico tem sido utilizado fundamentalmente pela sociedade ao longo da história de maneira a prover as necessidades básicas em termos de recursos minerais (pesquisa e prospecção mineral), exploração de materiais energéticos (combustíveis fósseis), na construção de obras civis (habitação, barragens, rodovias, túneis) e na descoberta de novos bens minerais. Mais recentemente o papel das Geociências visa atender às demandas por soluções aos problemas ambientais, voltado às áreas de risco, desertificação, geoflutuações e mudanças globais. Esses aspectos relacionam-se à Educação Ambiental a medida em que se faz necessária a compreensão do papel do indivíduo perante as mudanças que estão ocorrendo hoje no planeta e da responsabilidade diante dessas transformações. A compreensão geológica da natureza, ainda pouco divulgada e mantida no espaço dos especialistas, cede lugar, na sociedade, às leituras fragmentárias e não-históricas da natureza. Vivemos um momento em que as Ciências da Terra e o modelo de pensamento científico tipificado pelos geocientistas são mais aplicáveis às incertezas e complexidade da sociedade moderna e, desta forma, refletem melhor as complexidades que enfrentamos como seres históricos.

Palavras-chave: Geociências, interdisciplinaridade, conhecimento geológico, educação ambiental

Abstract

The geological knowledge has been used primarily by society throughout history in order to provide basic needs in terms of mineral resources (research and mineral exploration), exploitation of energetic materials (fossil fuels), construction of civil works (housing, dams, roads, tunnels) and the discovery of new minerals. More recently the role of Geosciences aims to meet the demands for solutions to environmental problems facing the risk areas, desertification, geo-fluctuation and global change. These aspects are related to environmental education to the extent that is necessary to understand the role of the individual before the changes that are occurring today on the planet and responsibility to those changes. The geological understanding of nature, yet little known and kept in the space of experts, gives way, in society, to the fragmentary readings and non-historical nature. We live in a time when the Earth Sciences and the model of scientific thinking typified by geoscientists are more applicable to the uncertainties and to complexities of modern society and thus better reflect the complexities facing us as historical beings.

Keywords: Geosciences; interdisciplinary; geological knowledge; environmental education.

A Educação Ambiental é uma vertente da educação que agrega as diversas áreas do conhecimento e seus respectivos conteúdos (científicos, metodológicos, atitudinais) na construção de um saber integrado para a compreensão das questões ambientais nos diversos aspectos: econômicos, sociais, culturais, científico-tecnológicos e políticos, de forma a repensar nossa atuação no mundo, a despertar uma consciência planetária e formar um cidadão atuante na sociedade.

A contribuição das diversas áreas do conhecimento de forma isolada impede o desenvolvimento de uma visão abrangente e complexa do ambiente, mas tem seu valor na construção da interdisciplinaridade, na qual as partes contribuem para a compreensão do todo, mas não perdem suas características particulares (Pontuschka *et al.*, 2007). Desta maneira é possível encontrar hoje na literatura uma amplitude de artigos que retratam a contribuição das diferentes áreas do conhecimento para a Educação Ambiental (Gamba, 2002; Carvalho, 2004; Sansolo & Cavalheiro, 2006; Noal, 2006) o que, segundo Suavè (2005) resulta em diversas maneiras de conceber e praticar a ação educativa neste campo, formando diversas correntes de educação ambiental.

Dentro dessa diversidade de proposições, pretende-se discutir a contribuição das Geociências e, em particular, do conhecimento geológico, em termos conceituais, epistemológicos e históricos, com o intuito de divulgar as Ciências da Terra e mostrar a sua importância para a Educação Ambiental Crítica.

O termo Geociências abrange as diversas Ciências da Terra, englobando os estudos sobre as quatro esferas (hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera) e suas inter-relações. Mais recentemente incluiu-se nas quatro esferas anteriores a noosfera (ou antroposfera), definida como a interferência do homem com as demais esferas (Vernadsky, 1936; *in* Patapova, 1968).

Corroborando com Vernadsky, Zalasiewicz & Williams (2008) afirmam existir evidências geológicas suficientes para o reconhecimento de um novo período na escala do tempo, o antropoceno. Esse período é marcado por mudanças no planeta que se devem principalmente à ação do homem. Os autores apontam como evidências desse novo período as montanhas de concreto como modificações dos elementos da paisagem – estima-se que haja uma produção de uma tonelada de concreto por habitante do planeta a cada ano; o fim dos corais devido ao aumento das temperaturas e da acidez das

águas dos oceanos; os registros fósseis; e a quantidade de CO₂ lançado na atmosfera, que chega a superar as emissões vulcânicas.

Podemos citar a Geografia, a Pedologia, a Oceanografia, a Hidrologia, a Paleontologia, a Geofísica, dentre outras, como ciências da terra. No entanto, como afirma Patapova (1968), a Geologia é a ciência que sintetiza os conhecimentos sobre as diversas formas de movimento da matéria que tomam parte na evolução do sistema natural integrado que é o planeta Terra. A Geologia é considerada uma ciência histórica, pois estuda os processos naturais que ocorrem no domínio do planeta Terra e procura traços, marcas, vestígios de tais processos de tal forma a interpretá-los e compreendê-los ao longo do tempo e de como se desenvolveram historicamente, ou seja, é também uma ciência indutiva.

Para Frodeman (2001) o pensamento geológico destaca o caráter histórico do conhecimento. Uma ciência histórica é definida pelo papel que a explicação histórica desempenha no seu funcionamento. Na Geologia, o objetivo não é identificar as leis universais, mas estabelecer uma cronologia dos acontecimentos que tiveram lugar num dado local (afloramento, região ou em todo o planeta). As ciências históricas distinguem-se pelo papel decisivo da interpretação na sua explicação.

O papel das Geociências na Sociedade

O conhecimento geológico tem sido utilizado fundamentalmente pela sociedade ao longo da história de maneira a prover as necessidades básicas em termos de recursos minerais (pesquisa e prospecção mineral), exploração de materiais energéticos (combustíveis fósseis), na construção de obras civis (habitação, barragens, rodovias, túneis) e na descoberta de novos bens minerais.

A visão predominante de que somente de posse de um sólido conhecimento do meio físico seria possível estabelecer diretrizes corretas para o gerenciamento territorial por meio de políticas sustentáveis de ocupação superficial e de aproveitamento dos recursos não renováveis consolidou-se nas décadas de 70 e 80 no Brasil. Frases como *país que não conhece seus recursos minerais não será nunca um país soberano*, ou *o conhecimento geológico é fator de soberania* predominavam nos textos da época e acabaram por refletir na Constituição de 1988, a obrigatoriedade de a União arcar com o

serviço oficial de geologia do país. Nessa visão, os países ficam a mercê de imediatismos oportunistas, em geral resultando em explorações predatórias e em graves prejuízos para o meio ambiente (Bizzi *et al.*, 2003).

Essa forma de pensar conduziu a Geologia a um desenvolvimento muito grande na investigação de jazidas minerais e petrolíferas, base da economia brasileira ainda hoje, e fez com que ela ficasse restrita aos meios técnicos e acadêmicos, sem divulgar a importância e os resultados desse processo para a comunidade. Com o surgimento e crescimento de um novo campo da Geologia, denominada Geologia Ambiental, nos anos 80, o conhecimento geológico passou a ser utilizado de forma aplicada à resolução de problemas ambientais. Aplicado em áreas de risco geológico, no planejamento urbano, no uso e ocupação do meio físico, nas avaliações de impacto ambiental e recuperação de áreas degradadas e, em especial, as áreas de mineração. Podemos adotar a seguinte definição:

"Geologia Ambiental é geologia aplicada abrangendo um amplo espectro de interações prováveis entre o Homem e o ambiente físico. Especificamente, é a aplicação da informação geológica para resolver conflitos, minimizando a possibilidade de degradação ambiental, ou maximizando a possibilidade de uso adequado do ambiente natural ou modificado" (Keller, 1982).

A Geologia Ambiental traz como principais objetivos:

- Reconhecer e caracterizar as feições e os processos que correspondem à contínua transformação do Planeta, considerando o Homem como um dos principais agentes dessa transformação;
- Realizar diagnósticos geológicos das relações de causa e efeito dos processos atuais, desencadeados no meio geológico pelas atividades humanas;
- Contribuir e participar da elaboração de instrumentos de gestão ambiental, como os estudos de impacto ambiental;
- Realizar prognósticos sobre o futuro da geosfera, com abordagem quantitativa e interdisciplinar incluindo, além das ciências naturais, as

ciências humanas (sociologia e economia), oferecendo alternativas integradas aos tomadores de decisão.

Apesar de seu desenvolvimento contemporâneo, a Geologia Ambiental e a Educação Ambiental apresentaram um distanciamento, permanecendo cada uma, respectivamente nas esferas de atuação técnica e educacional. Podemos ressaltar que na Geologia Ambiental predomina uma visão de natureza científica, recursista e resolutiva, com enfoque no meio físico e sendo o homem tatado como mais um agente transformador do meio, enquanto para a Educação Ambiental, a visão integrada e complexa de ambiente é predominante, incluindo valores e transformações sociais.

Mas, pode-se ressaltar a relação que existe entre ambas quando nos deparamos com as preocupações ambientais que assolam a sociedade atual, sendo que muitas delas apresentam uma natureza geocientífica, que podem servir de base para uma mudança de paradigma social. Segundo Fantinel (2000) tais questões podem acarretar em danos econômicos, sociais e ambientais em escala planetária. Comprometimento da qualidade e disponibilidade dos recursos naturais não renováveis, do solo, água e ar, em virtude das formas de exploração e beneficiamento inadequadas, com a ocupação de áreas de risco e/ou execução de intervenções ambientais que potencializam o risco; desertificação, geoflutações e mudanças globais são alguns dos problemas de filiação geológica que afligem a humanidade e que podem, no futuro, colocar em risco as condições terrestres de sustentação da vida, pelo menos a da espécie humana.

Todos esses aspectos relacionam-se de alguma forma à educação ambiental, na compreensão do papel do indivíduo perante as mudanças que estão ocorrendo hoje no planeta e da sua responsabilidade diante dessas transformações.

A autora ressalta ainda haver uma dívida social da Geologia para com a sociedade, pois afirma existir uma distância abissal que hoje separa a Geologia e o cidadão não-geológico, uma vez que esse conhecimento fica restrito aos meios técnico e acadêmico. As conseqüências sociais e ambientais derivadas da falta de divulgação dessa ciência que constrói a síntese da história da Terra na escala planetária são de extrema gravidade. A compreensão geológica da natureza, pouco divulgada e mantida no espaço dos especialistas, cede lugar, na sociedade, às leituras fragmentárias e não-históricas da natureza.

Para Brilha (2009) algumas causas que levam a essa separação são:

- existência de um reduzido número de profissionais;
- falta de protagonismo e de intervenção social, quer a nível individual quer a nível das associações científicas e sócio profissionais;
- desconhecimento científico da população e dos seus dirigentes, fazendo com que os geólogos não sejam chamados a intervir mesmo em assuntos que lhes dizem diretamente respeito;
- ausência de estratégia do Estado no que diz respeito às políticas de gestão dos recursos geológicos nacionais e das respectivas instituições responsáveis
- presença frágil de jornalismo de ciência nos principais órgãos de comunicação social;
- escala de tempo da maior parte dos processos geológicos mede-se em milhões de anos, o que torna, aparentemente, o discurso dos geólogos praticamente irrelevante face à necessidade de resolução, em tempo útil, de problemas concretos atuais;
- o conceito espacial é demasiado vasto para a real compreensão por parte dos leigos;
- existe um desconhecimento generalizado de que a nossa sociedade contemporânea, altamente tecnológica e industrializada, assenta, em grande parte, no aproveitamento de materiais geológicos.

Para Frodeman & Turner (1996) a função do geólogo mudou. Em lugar de levantar dados objetivos (como teor e volume) para a exploração de um recurso, os geólogos hoje são freqüentemente solicitados para levantar e avaliar problemas ambientais onde não há respostas claras, dadas à inerente incerteza dos processos geológicos envolvidos e a necessidade de balancear valores conflitantes de natureza científica, política, econômica e estética.

Essa solicitação de mudança de postura e da atuação do profissional da Geologia pela sociedade tem se refletido na área educacional. Muitos autores internacionais e nacionais mostram a importância da inserção dos conhecimentos geológicos na educação (Paschoale, 1984; Compiani, 1990, 1993, 2000, 2005, 2007; Compiani &

Carneiro, 1993; Compiani & Gonçalves, 1996; Carneiro *et al.*, 2004, Guimarães, 2004; Toledo *et al.*, 2005; Meyer, 1995, 2001, Frodeman & Thompson, 1995, 2001, Orion *et al.*, 1996; Orion, 2001; Marques & Praia, 2001). Na tentativa de suprir essa lacuna e ampliar os espaços na área educacional para o ensino de Geociências, a Universidade de São Paulo, numa atitude inovadora, implementou em 2004 o primeiro curso de graduação do país em Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental. Esse curso tem a missão de difundir as Geociências no ensino formal e não-formal. Essa é uma perspectiva que pode aproximar a Sociedade e a Geociências, refletindo na Educação Ambiental.

Ressalta-se que as Geociências e, em particular a Geologia, tem uma grande contribuição para uma visão integrada do ambiente, mas ela não faz parte do currículo escolar como uma disciplina, e os conteúdos a ela relativos, estão dispersos nas demais disciplinas, em especial Ciências e Geografia no ensino fundamental e Física, Química e Biologia, no ensino médio (Toledo, 2005). No campo das diversas ciências, apesar de toda a discussão sobre a interdisciplinaridade, ainda se realiza um trabalho compartimentado e isolado, com pouca interlocução entre os responsáveis pelos vários ramos do conhecimento. A Educação Ambiental, desenvolvida como tema transversal, oferece a oportunidade da prática interdisciplinar e os conteúdos das Geociências podem servir como tema gerador dessas práticas, contextualizados nas escalas local e global. O educador em Geociências e Educação Ambiental, segundo a proposta pedagógica do curso (Toledo *et al.*, 2003), tem como objetivo levar aos alunos, em todos os níveis de ensino em que atue, o conhecimento do funcionamento do meio físico dentro de uma perspectiva de evolução dinâmica e histórica da natureza ao longo do tempo geológico, com abordagem interdisciplinar, despertando os estudantes para o significado das múltiplas atividades humanas de utilização racional dos materiais geológicos e de ocupação e interferência no meio físico. Este conjunto de conhecimentos e idéias é essencial para promover uma nova relação do ser humano com a Natureza, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e responsáveis com relação à ocupação do planeta e utilização de seus diversos recursos. Além disso, cria meios para diminuir o impacto ambiental das atividades econômicas, e também busca soluções para os problemas já existentes de degradação do meio ambiente.

O conhecimento em Geociências apresenta uma grande importância para o cotidiano dos cidadãos, pois abre possibilidades da sociedade tomar decisões e compreender as aplicações dos conhecimentos sobre a dinâmica natural na melhoria da qualidade de vida. Assim, de acordo com Compiani (1990), o conhecimento da Geologia está completamente relacionado à atuação da sociedade na natureza, possibilitando a inclusão social na medida em que a compreensão da ciência por todos permite que o sujeito perceba sua participação real no mundo. Desta forma, as atitudes transformadoras do homem perante a natureza, gerando a degradação ambiental, podem ser percebidas pelo estudo das geociências que possibilita a compreensão da apropriação natural pelo homem e das conseqüências destas transformações (está um pouco repetitivo). A Educação Geocientífica pode ser associada às práticas de educação ambiental, numa correlação dos ambientes físicos e biológicos, com as atitudes sociais, políticas e econômicas. Tal associação, que trata dos conhecimentos geocientíficos de uma forma bastante abrangente, pode ser caracterizada como Ciências do Sistema Terra.

De acordo com Compiani & Gonçalves (1996), o conhecimento do Sistema Terra:

- Contribui para a apropriação material do planeta, possibilitando a sobrevivência da humanidade;
- Discute e fundamenta valores – estéticos, éticos, morais e ideológicos;
- Analisa as conseqüências sociais e ambientais da alteração da terra;
- Pressupõe a interferência social – agente geológico que atua sobre o processo de desenvolvimento histórico da Terra;
- Possibilita o desenvolvimento de atitudes que capacitam a valorizar os benefícios práticos e a tomar consciência das limitações e danos derivados das aplicações do conhecimento.

Cordani (2000) apresenta alguns campos de atividade dos geólogos no século XXI de forma a atender as demandas da sociedade. Aponta como principais campos de atuação de caráter prático e aplicado:

- monitoramento dos processos do Sistema Terra, como as flutuações climáticas do presente e do Holoceno e dos eventos sísmicos;
- exploração, gerenciamento e suprimento de recursos minerais;
- exploração, gerenciamento e suprimento de recursos energéticos;
- conservação e gerenciamento de recursos hídricos;
- conservação e gerenciamento dos solos agrícolas;
- diminuição dos desastres naturais.

Frodeman (2001) ressalta que as Geociências por muito tempo ignoradas pelas humanidades e tratadas pela sociedade como uma simples fonte de matéria prima para o desenvolvimento industrial, estão por passar da periferia para o centro da conscientização e do debate públicos neste século, o que se torna inevitável numa era de limites ecológicos e geológicos. Na opinião do autor, a maior adaptação necessária será a conscientização e o envolvimento dos aspectos políticos e humanistas na investigação das Ciências da Terra.

Carneiro *et al.* (2004) descrevem *dez* razões pelas quais a inserção de cultura geológica beneficiará o ensino brasileiro, obedecendo às diretrizes educacionais atuais: (1) o currículo de Ciências do ensino fundamental é fragmentário e superficial. (2) A formação humanista, inerente ao exercício das Ciências da Terra, deve incutir atitudes solidárias e humanistas nas novas gerações, e desenvolver pensamento crítico e capacidade de observação/indagação. A Geologia permite reflexões sobre o uso racional das aplicações tecnológicas e avanços da Ciência e fornece (3) visão de conjunto do funcionamento do Sistema Terra, necessária para o entendimento da complexa dinâmica do planeta. Traz ainda, em seu corpo teórico, uma (4) perspectiva temporal das mudanças que afetaram nosso planeta e os seres vivos que o povoaram. Como a única ciência que vivenciou uma revolução científica no século XX, a Geologia oferece (5) formação sobre causas dos riscos geológicos e suas conseqüências para a humanidade, e proporciona exemplos recentes sobre (6) a participação da Geologia em descobertas modernas da Ciência. Introduce ainda a discussão atualíssima da (7) questão dos recursos disponíveis *versus* sustentabilidade do planeta, além de constituir (8) preparação e orientação para estudos posteriores ou para a reflexão crítica da atividade humana no planeta. O conhecimento da base metodológica da Geologia favorece (9) formação

sobre variados procedimentos científicos. A Sociedade Informática, cujo papel dominante se faz sentir em todos os setores da atividade humana, constitui a décima razão: (10) as Geociências ajudam a formar uma perspectiva planetária. O desenvolvimento de cultura geológica estende-se além do mero domínio dos avanços de Ciência & Tecnologia, por ser via de mão dupla: permite trazer o mundo real para a sala-de-aula e, sobretudo, permite levar a sala-de-aula para o mundo real. A busca de um ensino mais prático e eficaz, apoiado em realidade vivencial, permitirá que as pessoas contem com essa bagagem ao longo de toda a vida.

Segundo Compiani (2005) a falta do desenvolvimento integral das Geociências contribui para perpetuar a visão imediatista e utilitarista da natureza. Nessa perspectiva, podemos abordar temas como origem e evolução da Terra, formação de seus materiais e de seus ambientes, condições de provável origem da vida, registro sedimentar da história geológica da vida e dos processos de interferência dos processos biológicos no planeta e dos processos geológicos na evolução da vida, condições de concentração dos recursos naturais - minerais, hídricos e energéticos - e suas possibilidades de renovação, condições sustentáveis de utilização dos recursos.

A comunidade científica, considerando a importância das Ciências da Terra e preocupada com a sua divulgação, proclamou o biênio 2007-2009 como o Ano Internacional do Planeta Terra (AIPT), apoiada pela União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) e pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), com adesão de 191 países, representando mais de 90% da população mundial. Podem-se destacar os seguintes objetivos para esse ano: demonstrar o grande potencial das ciências da Terra na construção de uma sociedade mais segura, sadia e sustentada e encorajar a sociedade a aplicar esse potencial mais eficiente em seu próprio benefício (Berbert, 2006). Para atingir esses objetivos, dez grandes temas foram escolhidos com base na sua relevância para a sociedade, os quais são: 1)água subterrânea; 2)megacidades, 3)clima, 4)crosta e núcleo terrestres, 5)desastres naturais, 6)oceanos, 7)recursos naturais (minerais) e energéticos, 8)solos, 9)terra e saúde (geologia médica) e 10)terra e vida.

O reconhecimento das Ciências da Terra como base para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável é um grande passo e uma grande responsabilidade para os profissionais da área. Para o geólogo, é o momento de investir na divulgação da Geologia e avançar na compreensão de que seu papel é fundamental numa sociedade

que exige uma visão integrada para a solução dos problemas ambientais prementes. Para o educador em Geociências e Educação Ambiental, faz-se necessário aprimorar as estratégias e metodologias de ensino no ambiente formal e não-formal de maneira que os conhecimentos em Geociências associados aos preceitos e fundamentos da Educação Ambiental sejam expandidos e apreendidos pelos estudantes e pela sociedade em geral.

A importância do conhecimento geológico para a sociedade

Frodeman (2001) aponta três razões para que as Ciências da Terra se destaquem e se transformem na ciência central do século XXI: a natureza do raciocínio geológico, a importância dos fatos geológicos e a pertinência da perspectiva geológica.

O raciocínio geológico se desenvolve baseado em algumas peculiaridades, como:

- o objeto de investigação que é o planeta Terra;
- as escalas de investigação que variam de microscópicas a globais;
- o estudo dos fenômenos no seu desenvolvimento histórico e
- o tempo geológico.

A investigação geológica orienta-se por objetivos de natureza causal e de natureza histórica, procurando orientar as leis que regem os diversos fenômenos geológicos e que conduzem à formação de paisagens, de rochas, de minerais. Procura ainda descrever em termos temporais a evolução do planeta, desde sua formação até o presente (Compiani, 2007).

A crosta é uma fonte de conhecimento histórico sobre a natureza na qual os processos de natureza inorgânica se desenvolvem comparativamente devagar e a vida se desenvolve rapidamente, sendo suporte da biosfera e da antroposfera.

Esse conhecimento é fundamental para entendermos as relações existentes entre as esferas terrestres. É na crosta, ou pelo menos em uma pequena espessura dela que vivemos e que a vida se desenvolveu no planeta. Compreender onde pisamos e as relações que os solos, os minerais e as rochas têm com a nossa vida cotidiana em sua mais ampla perspectiva é compreender como os processos geológicos ocorreram, é

entender como o planeta em que vivemos se formou e essa visão implica em conscientização sobre nosso papel como uma das espécies que habita este planeta, única com capacidade de refletir sobre sua própria atuação e modificar sua postura.

Em Geologia são utilizadas gigantescas escalas espaciais e temporais de observação, conforme a investigação que se propõe dos vários fenômenos que ocorrem no planeta, como por exemplo, os modelos sísmicos do interior da Terra ou os caminhos da água subterrânea. Ela trabalha com produtos, objetos que resistiram às erosões e tectonismo, como determinadas paisagens, ou vestígios de processos passados, como os fósseis (Compiani, 2007).

Os trabalhos de campo são uma prática comum e constante para os geólogos, o que possibilita o desenvolvimento de diversas habilidades. Uma delas é a observação em diferentes escalas espaciais, desde a microscópica, quando se trata da descrição de minerais até escalas globais quando se pensa na deriva dos continentes, no ciclo de fogo (Carneiro & Compiani, 1993).

Cuello Gijón (*apud* Gonçalves, 2006) enfatiza a potencialidade da Geologia para servir como núcleo voltado para abordagens interdisciplinares de conteúdo no ensino de crianças e adolescentes e, que as bases metodológicas e epistemológicas, vinculadas ao conhecimento da história da natureza são especialmente favoráveis ao tratamento sistêmico de temas ambientais, com significativas possibilidades para o trabalho educativo.

Guimarães (2004) nos indica que:

Através do raciocínio e de procedimentos específicos da Geologia é feita a caracterização dos materiais, das formas de energia e das suas interações no espaço e no tempo, definindo-se como um conjunto de parâmetros inter-relacionados que servem de padrão de referência do meio físico, construído pelo estudante. Este padrão leva a compreensão do ambiente físico local e de suas relações com o contexto sociocultural, estendendo-a para o contexto mais amplo, até chegar à concepção da Terra como sistema evolutivo complexo, que favoreceu o surgimento e evolução dos organismos, humanidade e que modificam a superfície terrestre.

Para Orion (2001) as Ciências da Terra contribuem para a formação do futuro cidadão, oferecendo conhecimento e capacidade de tirar conclusões acerca de diferentes assuntos, incluindo a preservação da energia e das águas e subsidia a utilização adequada dos recursos globais. A abertura às Ciências da Terra pode fazer despertar o aluno e o cidadão para o que acontece a sua volta.

Bacci & Pataca (2008) ressaltam a importância da visão integrada do ambiente para a educação que se dá a partir das dimensões espaço e tempo, que muitas vezes não são tratadas no ensino de ciências e que apresentam uma relevância fundamental para a compreensão das questões relativas ao meio ambiente.

Assim, a utilização dos temas de Geociências como eixos centrais, os quais hoje se encontram disseminados nas diversas disciplinas, com seus ramos físicos, químicos e biológicos, podem ser tratados numa organização interdisciplinar, superando a atual fragmentação curricular.

Para Pombo (2003) a formação interdisciplinar comporta três determinações: a fecundação recíproca das disciplinas, da transferência de conceitos, de problemáticas, de métodos com vista a uma leitura mais rica da realidade; a possibilidade de se atingirem camadas mais profundas da realidade cognoscível, a partir da aproximação interdisciplinar; e a constituição de novos objetos do conhecimento, alguns dos quais só podem ser constituídos numa perspectiva interdisciplinar, como o clima, a cidade, o trânsito, o ambiente, a cognição.

A Geologia é embasada pelos conhecimentos da química, da física e da matemática, de forma que para se conhecer os processos geológicos, é necessário que se conheçam as leis e princípios dessas ciências. Pode não parecer tão clara a necessidade desses conhecimentos num primeiro momento, mas à medida que se aprofunda na explicação dos processos, torna-se evidente a necessidade do embasamento das ditas ciências puras. O intemperismo está relacionado às transformações físicas e químicas dos materiais, os deslizamentos estão relacionados aos movimentos de massa, à força da gravidade, à massa dos corpos, os terremotos são a propagação das ondas por corpos sólidos, a cristalização dos minerais, os processos de formação da crosta terrestre são regidos, dentre outros, pelas leis da termodinâmica.

Quando nos reportamos à vida na terra, os processos bioquímicos e biofísicos predominam desde a duplicação de uma célula ou alterações genéticas pelas quais o homem atual passou ao longo de milhares de anos de evolução.

Portanto, a Geologia apresenta as características de uma ciência interdisciplinar na sua concepção e na sua aplicação.

Estamos cercados pelos processos geológicos antigos e atuais que formaram o planeta como ele é hoje e como ele constantemente se transforma. A concepção de que vivemos em um planeta dinâmico é dada pelas Ciências da Terra, sem a qual não se pode desenvolver um raciocínio para o enfrentamento dos problemas ambientais atuais.

A interface entre as Geociências e a Educação Ambiental

Uma das preocupações da Educação Ambiental é a reflexão sobre a mudança dos valores culturais que sustentam o estilo de produção e consumo da sociedade moderna.

Segundo Layrargues (2002), a vida útil dos produtos torna-se cada vez mais curta, e nem poderia ser diferente, pois há uma união entre a obsolescência planejada e a criação de demandas artificiais no capitalismo. É a obsolescência planejada simbólica, que induz a ilusão de que a vida útil do produto esgotou-se, mesmo que ele ainda esteja em perfeitas condições de uso. Hoje, mesmo que um determinado produto ainda esteja dentro do prazo de sua vida útil, do ponto de vista funcional, simbolicamente já está ultrapassado.

A moda e a propaganda provocam um verdadeiro desvio da função primária dos produtos. Ocorre que a obsolescência planejada e a descartabilidade são hoje elementos vitais para o modo de produção capitalista, por isso encontram-se presentes tanto no plano material como simbólico.

Esse ideário se reflete diretamente no consumo de recursos naturais e é essa a interface que temos com as Geociências. O tempo de formação dos recursos necessários à sociedade atual, bem como o tempo de degradação dos mesmos após serem descartados é incomparavelmente maior do que o tempo de uso e duração dos produtos para quem os consome. No entanto, o ciclo de vida dos produtos não interessa a uma sociedade que visa o descartável e o imediatismo. As noções de ciclo de vida dos

produtos, englobando as matérias primas necessárias na sua confecção e o encontro de áreas para deposição dos resíduos descartados, além da noção do tempo, é essencial para criar nos indivíduos uma mudança conceitual e comportamental.

Bolacha (2008) ressalta que o conceito e a dimensão de tempo são de particular importância no Universo das Geociências, pois contribuem para diversas áreas na busca de explicação dos fenômenos naturais, resultantes de processos que se combinam e que têm atuado ao longo da história da Terra.

Os fenômenos geológicos associados ao conceito de tempo dividem-se em processos e eventos geológicos. Os processos são, segundo Engelhardt & Zimmermann (1988), mudanças ocorridas nos sistemas naturais da Terra, observáveis diretamente ou reconstruídos hipoteticamente. Os eventos incluem os processos de duração muito curta e as mudanças momentâneas decorrentes de cessação temporária do processo. Um caso particular de evento é a catástrofe, como por exemplo, um escorregamento.

Para os autores, o tempo em Geologia é uma medida de mudança, como é o caso da idade de uma rocha ou de um mineral, medida pelo intervalo de tempo decorrido a partir do momento em que se formou ou do instante em que sofreu alguma transformação.

A história ambiental de um determinado lugar é mais bem compreendida quando inserida no tempo geológico, a partir do qual se conhece a história e origem do Planeta Terra, compreende-se a dinâmica do sistema em que estamos inseridos e do qual fazemos parte, os fenômenos que se sucederam ao longo de bilhões de anos e as transformações ocorridas nesse período. Além disso, serve para promover a percepção dos processos naturais além do ciclo de vida humano e entender o potencial das ações antrópicas sobre o meio natural, ocupando um importante papel nas relações existentes entre o ambiente e a sociedade.

Nas abordagens da Educação Ambiental considera-se o tempo de vida do ser humano e as alterações que ocorrem no ambiente, promovidas pelas ações humanas nas últimas décadas ou séculos. Os processos geológicos não são percebidos e não são considerados nessa perspectiva, uma vez que se fala em milhões e bilhões de anos para que as transformações ocorram.

Se considerarmos a escala de tempo geológico, definida em função da idade do planeta e tendo sofrido várias modificações até chegar ao seu formato atual, podemos

observar que a existência da espécie humana é ínfima diante das transformações sofridas pelo planeta, sendo mais uma espécie em meio a tantas outras que surgiram e se extinguiram.

O conhecimento deste fato pode não ter um impacto imediato mas, à medida que nos damos conta do poder de transformação da nossa espécie e da velocidade com que isso tem ocorrido no planeta se comparado aos processos naturais, ele pode desencadear um processo reflexivo sobre o comportamento da nossa sociedade e sobre o nosso futuro. Ao estudar o tempo geológico, o educador poderá estimular uma maior criticidade em relação à origem e formação dos bens naturais e, portanto ter a possibilidade de fugir do antropocentrismo com atitudes predominantemente predatórias.

Carl Sagan no cálculo que se tornou clássico na literatura científica popular, propôs que se toda a história da Terra pudesse ser comprimida em um único ano, os seres humanos teriam surgido na Terra há apenas 7 minutos antes do ano terminar. Nesse período, o homem criou a escrita e a música, inventou o automóvel e o avião, viajou à Lua e voltou, criou a internet, venceu doenças, triplicou sua própria expectativa de vida. Mas foram também sete minutos em que a espécie humana agrediu a natureza mais do que todos os outros seres vivos do planeta em todos os tempos. A natureza está agora cobrando a conta pelos excessos cometidos na atividade industrial, na ocupação humana dos últimos redutos selvagens e na interferência do homem na reprodução e no crescimento de animais que domesticou. A atual deterioração do ecossistema mundial, devido à constante exploração dos recursos naturais, poderá ter conseqüências devastadoras sobre o desenvolvimento humano e a vida de todas as espécies animais.

A observação do tempo geológico se contrapõe à percepção histórica construída na sociedade moderna capitalista vinculada ao imediatismo. A concepção do tempo geológico pode contribuir para uma mudança cultural dessa percepção imediatista que tem se refletido num consumismo exacerbado de produtos. Por sua vez, os mesmos produtos tiveram sua origem a partir de bens minerais que se formaram ao longo do tempo geológico, e que levarão anos até serem incorporados pela terra, e que passarão novamente a ser fonte de recurso.

Da mesma maneira esse raciocínio pode ser aplicado a outras questões ambientais que assolam a sociedade e que se referem a uma postura cultural que

necessita ser transformada, como por exemplo, a disposição do lixo, o desperdício da água, e as mudanças climáticas. A necessidade de se encontrar locais para disposição dos resíduos sólidos faz-se cada vez mais difícil nas áreas urbanas. As características necessárias do meio físico para a implementação de um aterro sanitário estão relacionadas aos condicionantes geológicos e geomorfológicos de uma região e o tempo necessário às transformações que ocorreram no meio físico. Em relação à água, o conhecimento do ciclo hidrológico, da origem da água no planeta, da disponibilidade atual, dos aquíferos, pode levar a reflexões sobre o consumo e o desperdício. As mudanças climáticas sempre ocorreram ao longo do tempo geológico e são naturais na evolução do planeta, como tratado por Oliveira (2007).

Essa visão cíclica e sistêmica que as Geocências oferecem vem ao encontro dos princípios transformadores da educação ambiental.

Layrargues (2002) apresenta a discussão em torno da finitude ou esgotabilidade dos recursos naturais não-renováveis, polariza-se entre os que acreditam que a tecnologia evitará o esgotamento dos recursos e os que defendem que o crescimento populacional vai impulsionar o esgotamento.

A questão a ser colocada é discutir o quanto necessitamos dos recursos minerais no nosso modo de sociedade atual. Cada vez mais somos dependentes dos recursos minerais, mas a sua extração e transformação estão distantes do cotidiano das pessoas, o que leva a uma imagem negativa das minerações em toda parte. A degradação ambiental desse tipo de empreendimento é o que aparece para a sociedade e pouco se relaciona o conforto e a tecnologia com os bens minerais.

Esse conhecimento dos recursos renováveis e não renováveis, bem como de seus ciclos de formação podem contribuir para a formação crítica do educando, enquanto pesquisador e indivíduo, introjetando a urgência de um entendimento da questão ambiental, inclusive para a utilização e construção de novas tecnologias menos degradantes, servindo como subsídio para a mudança paradigmática da própria ciência em questão.

Considerações Finais

Segundo Frodeman (2001) o modelo de pensamento científico tipificado pelos geocientistas é mais aplicável às incertezas e complexidade da sociedade moderna e, desta forma, os métodos de uma ciência hermenêutica e histórica, como a Geologia, refletem melhor as complexidades que enfrentamos como seres históricos. Este tipo de pensamento é mais adequado quando necessitamos enfrentar as questões ambientais numa sociedade de risco dominada pelas incertezas (Jacobi, 2003, 2005). Diante disso, o modelo sistêmico de pensamento adotado pelas Geociências parece ser mais adequado ao futuro da sociedade global, em particular sobre a questão dos riscos, que pela sua própria natureza tornam-se mais difíceis de serem previstos e assimilados como parte da realidade (Jacobi, 2003).

Orion *et al.* (1996) dizem que uma das vantagens em estudar as Ciências da Terra está no desenvolvimento da conscientização ambiental. As Ciências da Terra dão ao indivíduo o conhecimento e a capacidade de tirar conclusões acerca de diferentes assuntos, incluindo a preservação de energia e da água e a utilização adequada dos recursos globais, além de fazê-lo despertar para o que acontece à sua volta, no seu ambiente local, no país onde vive e no mundo. O indivíduo que compreende os processos que estão a sua volta pode ter melhores ferramentas para avaliar as mudanças que acontecem no ambiente.

Veiga (2007) afirma que os riscos e incertezas que as sociedades enfrentarão por conta da degradação ambiental tornam emergente um novo olhar sobre a realidade, um olhar socioambiental, ou seja, aquele em que homem e natureza sejam indissociáveis e que as soluções para as questões sociais e ambientais sejam integradas. Para atender à essa necessidade, Bolacha (2008) afirma que a Geologia como área científica, face aos problemas que lhe são inerentes e às *novas* teorias unificadoras do conhecimento da Terra, adquiriu formas de raciocínio, métodos e princípios orientadores, que a tornam-na disciplina sintética e fornecedora de uma visão global e particular do planeta Terra.

Os conhecimentos do Sistema Terra oferecem condições de pensar a realidade de forma complexa e integrada, em diversas escalas de tempo e espaço, o que permite a construção de um mundo físico em que vivemos.

As discussões dos conteúdos das Geociências transformam a visão de mundo, tornando-a significativa, não fragmentada, não linear e estabelecem conexões, expressas por características criativas, sem mecanismos repetitivos e descontextualizados,

propiciando o conhecimento em uma rede de relações com significado, transformando seus agentes, flexibilizando tarefas e saberes, formando cidadãos aptos a entender e atuar num mundo em transformação de forma participativa.

Bibliografia

- BACCI, D.L.C.; PATACA, E.M. Educação para Água. *Revista de Estudos Avançados*, n° 63, maio-agosto/2008.
- BERBERT, O C. *Ciências da Terra para a sociedade: o Ano Internacional do Planeta Terra*. Revista USP, São Paulo, n.71 p.70-80, setembro/novembro 2006.
- BRILHA, J. BRILHA, J. B. R. A importância dos geoparques no ensino e divulgação das Geociências. *Geologia USP: Publicação Especial*. São Paulo, v. 5, 2009.
- BOLACHA, E. Elementos sobre epistemologia em Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. *Revista Electrónica de Ciências da Terra*. <http://www.e-terra.geopor.pt>. 2008.
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Org.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: textos, mapas e SIG*. Brasília: CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2003. 692 p.
- CARVALHO, I. C. de M. *Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico*. São Paulo: Cortez, 2004.
- CARNEIRO, C.DEL RÉ; TOLEDO, M.C.M; ALMEIDA, F.F.M. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geologia*. 34(4):553-560, dezembro de 2004.
- COMPIANI, M. “Geologia para que te quero no ensino de Ciências”. *Educação & Sociedade*, 36: 100-107, 1990.
- CARNEIRO, C.DEL RÉ; COMPIANI, M. Os papéis didáticos das excursões geológicas. *Enseñanza de las Ciencias de La Tierra*, 1993. (1.2) p. 90-98.
- COMPIANI, M. *As Geociências no Ensino Fundamental: um estudo de caso sobre o tema “Formação do universo”*. 1996. 225.f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

- COMPIANI, M. “Formação de professores, profissionais críticos, em la enseñanza de geociencias frente a los problemas socio-ambientales.” *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10 (2): 162-172, 2002.
- COMPIANI, M. Geologia/Geociências no Ensino Fundamental e a Formação de Professores. Revista do Instituto de *Geologia USP. Public.Espec.*, São Paulo, v.3, p.13-30. 2005.
- COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, v.13, n.1, p.29-45, 2007.
- COMPIANI, M.; GONÇALVES, P. W. “Epistemologia e Historia de La Geologia como fuentes para la seleccion y organizacion del curriculum”. *Enseñanza de las Ciencias de La Tierra*, 4(1): 38-45, 1996.
- CORDANI, U. G. . The role of the Earth Sciences in a sustainable World. Episodes, 2000.
- ENGELHARDT, W. & ZIMMERMANN, J. *Theory of Earth Science*. Cambridge University Press, Cambridge. 1988.
- FANTINEL, L.M. Práticas de Campo em Geologia introdutória: papel das atividades de campo no ensino de Fundamentos de Geologia do curso de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas, SP. 2000.
- FRODEMAN, R. & TURNER, C. Geology in a post-industrial society. *Journal of Geoscience Education*, v.44, p.36-37, 1996.
- FRODEMAN, R. A epistemologia das Geociências. In: Marques, L; Praia, J. (Coord.). *Geociências nos currículos básico e secundário*. Aveiro:Universidade, 2001, p.39-57.
- GAMBA, I.C. Educação ambiental: análise do discurso em textos jornalísticos. *Revista de Estudos Ambientais, Blumenau*, v.4, n.2-3, 5-23, maio-dez. 2002.
- GONÇALVES, P.W. Ciência interpretativa da natureza: conhecimento geológico e formação de professores para áreas de ciências. *Plures. Humanidades (Ribeirão Preto)*, v. 7, p. 113-137, 2006.

- GUIMARÃES, E. M. A contribuição da Geologia na construção de um Padrão de Referência do Mundo Físico na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geociências*, n.34, p.87-94, 2004.
- JACOBI, P.R. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*. Vol. 118, março. 2003. Fundação Carlos Chagas.
- JACOBI, P.R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa*, v.31, n.2, p.233-250. 2005.
- KELLER E. *Environmental Geology*. 8th Ed., Prentice Hall, 562 pp. 1999.
- LAYARGUES, P. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. LOUREIRO, F.; LAYARGUES, P.; CASTRO, R. (Orgs.) *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*. São Paulo: Cortez, 2002, p.179-220.
- MENDES, D.;BOGGIANI, P.C.; BACCI, D.L.C. A utilização dos recursos minerais no cotidiano e a necessidade de seu uso sustentado: a experiência da conscientização sobre os recursos minerais com alunos de quinta série. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA. III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL e I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA. III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL. UNICAMP, CAMPINAS - SP.2007.
- NOAL, F.O. Ciência e Interdisciplinaridade: interfaces com a Educação ambiental. In: SANTOS, J.E.; SATO, M. *Contribuição da Educação Ambiental a Esperança de Pandora*. p. 369-387. Ed. RIMA. 2006.
- OLIVEIRA, S.M.B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: Veiga, J. E. (org.). *Aquecimento global: frias contendas científicas*. São Paulo: Senac, 2008, p. 17-54.
- ORION, N; THOMPSON, D.R.; KING, C. Earth sciences education: an extra dimension to science education in schools. *Cadernos do IG/UNICAMP*, Campinas, v.6. n.1, p.147-182. 1996.
- ORION, N. A educação em Ciências da Terra: da teoria à prática-implementação de novas estratégias de ensino em diferentes ambientes de aprendizagem. In:

- Marques, L; Praia, J. (Coord.). *Geociências nos currículos básico e secundário*. Aveiro:Universidade, 2001, p. 93-114.
- PASCHOALE, C. Alice no país da geologia e o que ela encontrou lá. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, 1984, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro:SBG, 1984. P.198-203.
- PONTUSCHKA, N.N.; PAGANELLI, T.I.; CACETE, N.H. *Para ensinar e aprender Geografia*. 1ª. Ed. São Paulo: Cortez, 2007. (Coleção Docência em Formação. Série Ensino Fundamental).383 p.
- POMBO, O. Epistemologia da Interdisciplinaridade. Seminário Internacional Interdisciplinaridade, Humanismo, Universidade, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal. 2003. Disponível em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo>.
- SANSOLO, D.G.; CAVALHEIRO, F. Geografia e Educação Ambiental. In: In: SANTOS, J.E.; SATO, M. *Contribuição da Educação Ambiental a Esperança de Pandora*. p. 109-131. Ed. RIMA. 2006.
- SAUVÉ, L. Uma cartografia das correntes em educação ambiental. In: Sato, M. e Carvalho. I.C.M. (Org.) Educação Ambiental. Cortez, 2005. P.17-43.
- TOLEDO, M.C.M; MACEDO, A.B.; MACHADO, R. MARTINS, V.T.S; RICCOMINI, C; SANTOS, P.R.; SILVA, M.E., TEIXEIRA, W. 2003. Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental- LiGEA - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS/USP.
- VEIGA, J.E. *A emergência socioambiental*. 2007. EDITORA SENAC.
- ZALASIEWICZ, J. & WILLIAMS, M. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*: v. 18, no. 2. 2008.