

## ALGUMAS PAISAGENS SOB UM OLHAR QUÍMICO

**Marcelo Leandro Eichler**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul  
[exlerbr@yahoo.com.br](mailto:exlerbr@yahoo.com.br)

**Juliano de Oliveira Guterres**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
[julianoguterres@yahoo.com.br](mailto:julianoguterres@yahoo.com.br)

**José Claudio Del Pino**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
[delpinojc@yahoo.com.br](mailto:delpinojc@yahoo.com.br)

### RESUMO

O presente artigo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre os debates acerca da apreensão das paisagens. A seguir, ressalta a possibilidade de um olhar sobre as paisagens que evidencie alguns processos biogeoquímicos a elas subjacentes. Por fim, apresenta sucintamente seis seqüências de fotografias que farão parte de uma Exposição Virtual de Mineralogia.

**Palavras-chave:** paisagem; interdisciplinaridade; processos biogeoquímicos.

## SOME LANDSCAPES FROM A CHEMICAL VIEW

### ABSTRAT

The article presents a brief bibliographical review concerning the debates about the apprehension of landscapes. Then, it highlights the possibility of a view of the landscapes which evidences some underlying biogeochemical processes. Finally, it briefly presents six sequences of photographs which will be part of a Virtual Exhibition of Mineralogy.

**Key-words:** landscape; interdisciplinary; biogeochemical processes

## INTRODUÇÃO

“Uma apresentação ordenada das paisagens terrestres é uma tarefa formidável”  
(Sauer, 1925/1998).

No texto clássico de Sauer (1925/1998) sobre as paisagens, ele expõe que a geografia é distintamente antropocêntrica, no sentido do valor ou do uso da terra para o homem:

“Nós estamos interessados naquela parte da paisagem que nos diz respeito como seres humanos porque nós somos parte dela, vivemos com ela, somos limitados por ela e a modificamos. Desse modo, *nós selecionamos aquelas qualidades da paisagem em particular que são ou possam ser úteis para nós*. Abandonamos aqueles aspectos da área que possam ser importantes para o geólogo na história da terra, mas que não têm qualquer importância na

---

Recebido em 05/01/2008

Aprovado para publicação em 22/12/2008

relação do homem com a área. As qualidades físicas da paisagem são aquelas que têm valor de habitat, presente ou potencial” (grifos nossos; pp. 28 - 29).

Nesse sentido, Brunet (1995) aponta que uma mesma paisagem pode ser analisada em função de diferentes ciências (geomorfologia, botânica, economia e sociologia, por exemplo) e mesmo em função de pontos de vista diferentes no interior de uma mesma ciência. Concordando com essa idéia, Luchiari (2001) diz que, embora a materialidade possa ser a mesma, são diferentes as representações da realidade e as paisagens de artistas, geógrafos, arquitetos, turistas, ecologistas, planejadores e pessoas comuns. Por sua vez, Bertrand (1995) indica que há uma descoberta da paisagem por um número cada vez maior de disciplinas.

Conforme Luchiari (2001), em nenhum outro período da história, as transformações da superfície da Terra, induzidas pela ação do homem, aconteceram de forma tão rápida, nem foram objeto de conhecimento generalizado pela sociedade:

“O lado mais visível destas transformações ocorre na apreensão das paisagens (...) [Pois] saltam aos olhos as paisagens destituídas de beleza e as paisagens-símbolo de um risco socioambiental iminente: florestas devastadas pelas madeireiras ou pelo uso agrícola e pecuário; paisagens ‘lunares’ abandonadas pela mineração; desertos que o manejo inadequado do solo provocou; rios que se transformaram em canais de esgoto industrial e doméstico; favelas; ocupações; grandes lixões que, ao se transformarem em último recurso da sobrevivência humana dos catadores, escarram suas imagens na sociedade da abundância” (pp. 17-18).

De um ponto de vista lingüístico, encontra-se a análise de Donadieu (1995). Segundo esse autor, existem diferentes atitudes antecipatórias que traduzem as diferentes formas de uso da noção de paisagem, que estão mais ou menos relacionadas com “fazer acontecer o espaço”. Essa dimensão praxeológica pode ser detectada na etimologia do termo paisagem derivado do flamengo e do alemão (*Land-schaft* : *schaffen* = criar, produzir). De maneira convergente, em francês, o sufixo *-age* de *paysage* exprime a idéia de *payser*, neologismo criado pelo geógrafo Augustin Berque, e que significa a reprodução no espaço de figuras topológicas singulares. Nesse sentido, *paysage* poderia ser entendido como a criação, a produção da região, do país (*pays*, em francês). Em português, o sufixo *-age* ou *-agem* tem uma função semelhante, como se pode inferir dos termos *‘montagem’* ou *‘dragagem’*. Então, por extensão, pode-se entender a paisagem, também, como o ato ou efeito de criar o país, a região ou o lugar..

Por uma vertente de análise histórica, Cueco (1995) sugere que a paisagem é uma velha noção militar, que codifica o espaço da conquista, do campo de batalha e da zona de combate. O relevo e os esboços de campanhas militares obedecem às convenções que são obras de técnicos e de artistas. A paisagem é, também, uma invenção do geógrafo, que utiliza outros métodos de representação: cartas, curvas de nível e cortes de terreno, por exemplo. Ele inventa a paisagem típica de uma região, de um país. Mas a paisagem é, além disso, um assunto do artista, o terreno de uma confrontação dramatizada entre a experiência do real e a experiência interior ou mental, constringidas no espaço pictural, envolvendo superfície, materiais, invenção e história das formas e organização. O artista faz dessa confrontação sua atividade permanente, produzindo a cada etapa histórica novos sistemas de representação. Um breve histórico da representação paisagística do artista, com a análise de gravuras e pinturas, pode ser encontrado em Hufty (2001), que entende que um artista pode ser considerado um ator geográfico, pois transforma em uma tela o território, refletindo as concepções espaciais de uma época.

Nessa mesma vertente, Luginbühl (1995) faz um breve histórico da socialização da paisagem. Segundo esse autor, as primeiras representações da paisagem são pictóricas e literárias. Uma elite artística ou científica metaforiza a visão do país, da região, formando um objeto de contemplação ou de identificação. Essa forma de socialização da paisagem permanece até o Século XVIII, através de vários estetas, de pintores, de escritores e de viajantes. As suas práticas lhes permitem diferenciar os tipos de paisagem. A partir do fim desse século, a paisagem começa a se espalhar na qualidade de prática social e representação dominante da natureza e do espaço nas classes burguesas européias e mesmo nas colônias. A transição com as obras de geografia será feita, quase naturalmente, com a introdução da fotografia, que substituiu pouco a pouco, a partir de 1870, a litografia. A fotografia mostra os locais mais

característicos e pitorescos, apresentando-os segundo uma classificação geográfica, revigorando as grandes categorias de formação geomorfológicas.

Em relação às características psicológicas, Luchiarri (2001) entende que “a apreensão da paisagem como fenômeno visível se colocou como o centro de um conflito entre objetividade (descrição de elementos concretos da fisiologia da paisagem que poderiam ser analisados por qualquer geógrafo) e subjetividade (descrição seletiva dos elementos da paisagem, conforme o interesse explicativo)” (p. 15).

Então, conforme Bertrand (1995) apreender uma paisagem é acumular conscientemente os obstáculos conceituais e metodológicos e criticar o que parece ser um tecido de contradições. Basta enumerar as principais qualidades que se encontram habitualmente nas paisagens para constatar que elas revelam categorias que são consideradas como estranhas ou contraditórias. Nesse sentido, oferece alguns desses postulados para a análise das paisagens:

1. A paisagem se impõe sobre a trivialidade globalizada: deve-se partir do banal e do global, desembaraçando-se, na medida do possível, de todos os pressupostos disciplinares, metodológicos e finalistas.
2. A paisagem é um objeto socializado, uma imagem, que existe apenas através do fenômeno fisiológico da percepção e de uma interpretação sócio-psicológica. Guardas florestais e pecuaristas possuem duas imagens diferentes, senão contraditórias, de uma mesma floresta.
3. A paisagem não é menos que uma estrutura natural, concreta e objetiva, isto é independente do observador. A floresta é um espaço concreto e uma biomassa que funciona sobre ela mesma.
4. A imagem social da paisagem é o produto de uma prática econômica e cultural. Os engenheiros florestais possuem um olhar sobre a floresta em que a enxergam como um aparelho que produz madeira em harmonia com a natureza. Sob o olhar dos pecuaristas, esse lugar é aquele que exclui a vantagens da potencial pastagem.
5. A especificidade da paisagem se deve menos a natureza mais complexa e heterogênea do que os objetos científicos habituais, do que a sobreposição das grandes categorias metafísicas: o natural e o cultural, o espaço e o social, o objetivo e o subjetivo.

Assim, como sugere esse autor, entendida como um sistema, a mais simples e banal das paisagens é, ao mesmo tempo, social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural e real e simbólica. Como todo processo, a paisagem não tem existência fora do sistema no qual ele funciona, portanto, sugere que “a produção de uma paisagem é geralmente considerada como um processo tripolar no qual intervêm um observador, um mecanismo de percepção e um objeto” (p. 106).

Na base da paisagem, uma porção de espaço material existe como uma estrutura e sistema geológico e ecológico, então independente da percepção. O observador individual participa de um sistema histórico-cultural e sócio-econômico que canaliza suas interpretações paisagísticas. Então, a percepção direta do espaço, que permite a representação da paisagem, deve ser ressituada em um processo mais complexo do tipo dialético, que liga o observador ao espaço e vice-versa. Além do mais, também, deve-se levar em conta que o desenvolvimento dos meios de difusão áudio-visual tem acelerado fortemente esse processo. O contato com o terreno é, sem dúvida, indispensável ao desencadeamento do processo, mas não é essencial na produção final da imagem. Veja-se as fotografias dos filmes, os documentários, os programas televisivos de exploração planetária, por exemplo. Há, inclusive, canais especializados na televisão por assinatura, como o *Discovery Channel* e *National Geographic*.

Dessa forma, Cuelco (1995) indica que “a paisagem é um ponto de vista intelectual, uma abstração, uma ficção. Para produzir uma paisagem, deve-se imobilizar, bloquear a visão, enquadrar uma região. A paisagem é desenhada, fotografada, descrita” (p. 169). Será o aparelho fotográfico, de fato, que irá materializar o conceito de paisagem. Como uma análise de difusão imagética, Donadieu (1995) mostra que as fotografias de paisagem só possuem menos interesse do que as fotografias familiares. Na Tabela 1, por exemplo, consta a quantidade de imagens encontradas, conforme a expressão de busca, em um famoso repositório de fotografias na Internet, o Flickr.com.

**Tabela 1**

Imagens disponíveis em flickr.com, conforme busca por palavras-chave realizada em 30/01/08

| Palavra chave         | Número de imagens encontradas |
|-----------------------|-------------------------------|
| Paisagem              | 39.109                        |
| Paysage               | 62.102                        |
| Landscape             | 1.577.352                     |
| Natural landscape     | 19.100                        |
| Volcanic landscape    | 3.013                         |
| Geology               | 52.132                        |
| Geology and landscape | 4.187                         |

Nesse sentido, a imobilização das paisagens pode ser entendida, inclusive, como uma angústia com o desaparecimento real ou anunciado de partes do meio ambiente natural. Esse autor sugere que o registro das emoções de frente o espetáculo da natureza selvagem se refere aos parques americanos, ao romantismo europeu e, talvez, à cultura protestante. Um espírito de contemplação inspirado por filósofos transcendentalistas americanos, como por exemplo, Ralph Emerson<sup>1</sup> e Henry Thoreau<sup>2</sup>.

Por isso, pode-se perguntar: e quanto as qualidade químicas da paisagem? Quais entre essas qualidades químicas são úteis para nós, seres humanos? Como os seres humanos, no curso de suas histórias, fizeram usos diferentes, de dominantes e de dominados, da área e do território da exploração dos recursos minerais, por exemplo. Como as fotografias e os meio tecnológicos atuais podem auxiliar na apreensão da paisagem? Em especial, em relação à interpretação dos processos biogeoquímicos subjacentes à formação e à alteração das paisagens?

### OS PROCESSOS BIOGEOQUÍMICOS NA FORMAÇÃO DAS PAISAGENS

Novamente, conforme o texto clássico de Sauer (1925/1998), um enfoque sobre a morfologia fisiológica das paisagens naturais poderia identificar os materiais e o clima como os principais fatores causais das paisagens:

“As formas da paisagem natural envolvem primeiramente os materiais da crosta terrestre que determinam, em alguma medida importante, as formas da superfície. O geógrafo pede emprestado o conhecimento do geólogo sobre as diferenças substanciais da litosfera exterior no que diz respeito à composição, estrutura e massa. (...) O geógrafo está interessado em saber se a base de uma paisagem é calcário ou arenito, se as rochas são maciças ou intercaladas, se elas são fraturadas ou são afetadas por outras condições estruturais expressas na superfície. Essas questões podem ser significativas para compreensão da topografia, do solo, da drenagem e da distribuição mineral. (...) O segundo e maior elo que liga as formas da paisagem natural em um sistema é o clima. Podemos afirmar com confiança que a semelhança ou contraste entre as paisagens naturais em geral é primeiramente uma questão de clima” (p. 44-46).

Porém, esse autor já advertia que a paisagem natural está sendo submetida a transformações antropogênicas, que é “o último e para nós o fator morfológico mais importante” (Sauer, 1925/1998, p. 56). O ser humano, por meio de suas culturas faz uso das formas naturais, em muitos casos alterando-as, em alguns destruindo-as. Por exemplo, a seguir isso será evidenciado em relação à mineração, em dois momentos históricos: Potosí (Bolívia), durante o período colonial espanhol, e Kawah Ijen (Indonésia), contemporaneamente.

<sup>1</sup> Ralph Waldo Emerson (25 de maio de 1803, Boston - 27 de abril de 1882, Concord, Nova Hampshire) foi um famoso escritor, filósofo e poeta estado-unidense.

<sup>2</sup> Henry David Thoreau (12 de julho de 1817, Concord, Massachusetts - Concord, 6 de maio de 1862) foi um ensaísta, poeta, naturalista e filósofo estado-unidense

Sauer (1925/1998) propõem, também, um estudo da morfologia das paisagens relacionada às condições e características físicas e químicas das rochas. Em relação à química, que é o foco de interesse deste artigo, por exemplo, cita um estudo que buscou identificar a solubilidade e resistência química das rochas. Nesse caso, as rochas poderiam ser classificadas como: a) facilmente solúveis; b) moderadamente sujeitas a alterações químicas; e b) resistentes.

### **A PERCEPÇÃO DAS PAISAGENS E AS PROPOSTAS DE ENSINO**

Uma experiência realizada por Ohta (2001), com uma abordagem fenomenológica para evidenciar a cognição das paisagens, revelou diversas categorias manifestas pelos sujeitos na percepção das paisagens naturais, tais como uma montanha, um riacho com folhas vermelhas no outono, uma floresta, um pôr-do-sol, uma lagoa no meio da mata e uma praia de mar.

Uma dessas categorias está relacionada à memória dos sujeitos. As imagens das paisagens levaram os sujeitos a se lembrarem de suas experiências de vida, tanto em relação a eventos concretos quanto a idéias abstratas e gerais. Entre as experiências concretas e pessoais, na infância e na idade adulta, foram citadas caminhadas, pescarias, turismo e o consumo de certas comidas, por exemplo. Outras memórias citadas são midiáticas, em que os sujeitos relembram, por exemplo, programas de televisão ou filmes de cinema com paisagens naturais similares.

Entre os sujeitos entrevistados, aqueles que cresceram em áreas urbanas e, portanto, tem um contato relativamente limitado com a natureza, mostraram uma grande admiração pelas paisagens naturais e uma clara distinção das diferenças entre as paisagens naturais e urbanas e dos estilos de vida das pessoas. Por outro lado, aqueles que cresceram no campo ou nos subúrbios cercados por um ambiente natural manifestaram um sentimento de grande aproximação com as paisagens naturais.

Os sentimentos evocados na visualização das imagens foram variados. Os participantes concordaram em sensações de “frescor matinal” quando olhando a floresta, e “solidão” e “tristeza” quando mirando o pôr-do-sol. Entretanto, a paisagem marítima evoca sensações de “suavidade” ou “tranqüilidade” em muitos participantes, mas “solidão” e “tristeza” em outros. Para muitos a lagoa causa sentimentos de “calma” e “zelo”. Além disso, a cena montanhosa leva muitos participantes a imaginar uma variedade de aromas naturais agradáveis, e a foto do riacho os leva a descrever uma sensação agradável de caminhar sem sapatos sob as folhas secas ou a impressão calma induzida pelo murmúrio da correnteza. Nesse sentido, essas sensações específicas estão fortemente ligadas com a experiência pessoal de cada participante.

Outro elemento de análise foi o julgamento estético das imagens. Muitos participantes avaliaram as paisagens esteticamente, observando a presença ou ausência de elementos particulares no cenário. A cor, também, foi um elemento importante no julgamento estético das imagens.

As imagens naturais levaram os participantes a expressar opiniões sobre os problemas de conservação e destruição da natureza. Nas entrevistas, muitos participantes, expressaram o desejo de fugir de suas vidas cotidianas e retornar à natureza. As imagens causaram impressões de liberdade, de cura, de paz, de “pausa no estresse diário”, de “jogar fora todos os tipos de obrigação”.

Nesse sentido, ficou claro a partir das entrevistas que a natureza exerce um grande charme sobre a maioria dos participantes da pesquisa. Muitas vezes, eles expressaram que “nós não podemos comparar o ser humano com a natureza”, embora existam diferenças sutis sob esse ponto de vista.

Entendemos que essa experiência de Ohta (2001) pode indicar caminhos na abordagem do tema paisagens nas propostas de ensino visando à educação básica escolar. Dessa forma, Bonfim (2006) sugere que o ensino de Geografia se inscreva num paradigma interacionista e sócio-contrutivista, que valorize as aprendizagens significativas e contextualizadas, assim como os raciocínios com características explicativas e interpretativas.

Em perspectiva educacional, segundo Rose (1996), o exemplo mais elaborado de como um



tipo particular de conhecimento geográfico recobre um tipo específico de visualização do mundo é, provavelmente, o campo de trabalho criticamente explorado pela noção de paisagem. Particularmente, os geógrafos têm focalizado diversas formas de visualizar os espaços, as regiões e as paisagens, que envolvem recursos de fotografias, de materiais publicitários e promocionais e de vídeo, como programas realizados para a televisão ou para o cinema.

Conforme Matias (2005), ao analisar a inclusão das novas tecnologias na realidade da geografia escolar, como auxílio para a percepção e interpretação das paisagens: “a imagem para a geografia é essencial”. Se por um lado, um dos recursos visuais mais importantes da Geografia são os mapas, pois através deles nos localizamos, nos orientamos e constatamos a distribuição espacial dos elementos geográficos. Por outro lado, os sítios de repositório de imagens podem ser bastante úteis para abordagens de ensino relacionadas à percepção e interpretação das imagens. Nesse sentido, citamos algumas das ferramentas que podem ser utilizadas: photosearch.com, gettyimage.com, treearth.com e flickr.com.

Em outro momento, Matias (2006) indica que as imagens podem funcionar como uma chave para o pensamento crítico sobre o espaço. Nesse sentido, sugere que mapas, gráficos e fotografias aéreas, entre outros, são ferramentas para os profissionais da Geografia e para os educandos. É através delas que constatamos fatos, fenômenos, eventos geográficos, transmitimos informações e representamos a superfície terrestre. Assim, compreende que “as novas tecnologias são recursos do nosso tempo que podem ser empregados de forma inovadora na mediação entre ensino e aprendizagem”. Mas ele adverte que “o grande desafio da Internet, para quem a utiliza como ferramenta educacional, é saber lidar com a informação on-line. Para superar esse fato, é necessário criar mecanismos para saber pesquisar, selecionar, tratar e processar a informação”. Nesse sentido, neste artigo, queremos apresentar algumas ferramentas encontradas na Internet que podem ser úteis para a seleção de imagens relacionadas às paisagens, bem como os critérios que basearam a busca pelas imagens.

Por fim, é oportuno lembrar uma proposição de Matias (2005), “entre as contribuições da informática freqüentemente enfatizadas por alguns especialistas na área de informática educativa, está a de favorecer o trabalho do professor, enriquecendo e diversificando a sua forma de encaminhar o processo de ensino-aprendizagem”.

### **UMA PROPOSTA MULTIDISCIPLINAR PARA A PERCEPÇÃO DAS PAISAGENS, COM ÊNFASE EM UM OLHAR QUÍMICO**

Desde 2004 vimos trabalhando em um projeto de pesquisa na área de didática das ciências que busca relacionar as geociências à química. Nesse sentido, desenvolvemos, por exemplo, uma proposta curricular inovadora para o ensino médio que está descrita em Samsrla, Guterres, Eichler e Del Pino (2007). Durante a aplicação dessa proposta curricular, nas primeiras aulas buscou-se apresentar imagens de paisagens de regiões montanhosas e vulcânicas que permitiram ilustrar um conjunto de informações sobre as rochas, os minérios e os minerais. As imagens utilizadas foram bastante coloridas e procurou-se indicar aos alunos a relação que existe entre as cores e os diferentes tipos de águas, minerais e solos. Naquela ocasião, utilizamos imagens de um livro de fotografias sobre vulcões (Burseiller e Durieux, 2001). As imagens selecionadas do livro foram digitalizadas, tratadas com softwares de edição de imagens e impressas em lâminas transparentes. Ao total foram utilizadas cerca de vinte figuras. Além de possibilitar mostrar uma relação entre as paisagens e alguns conhecimentos em química, essas imagens permitiram, também, abordar algumas questões sociais envolvidas no processo de exploração de minerais, pois, por exemplo, muitas vezes os trabalhadores estão expostos a condições bastante insalubres. Nesse sentido, entendemos que essas imagens podem ser utilizadas como um aspecto motivacional para a condução da proposta curricular, chamando a atenção dos alunos para a relevância do assunto.

Neste artigo, nas próximas seções pretendemos descrever sucintamente algumas seqüências de fotografias que podem ser utilizadas para relacionar a abordagem das paisagens com os aspectos biogeoquímicos de sua formação e transformação, bem como alguns aspectos sociais subjacentes. As seqüências de imagens apresentadas guardam relação com outra atividade do projeto de pesquisa que abordamos no início de seção. Prosseguindo nossa tradição na produção de materiais didáticos computacionais (Eichler e Del Pino, 2006),

estamos desenvolvendo uma Exposição Virtual de Mineralogia (Eichler e Del Pino, 2007), que apresentará uma mostra como título: *Algumas paisagens sob um olhar químico*. Essa mostra consistirá em seis animações de seqüências de imagens de paisagens coletadas, principalmente, no Flickr.com. Os temas que orientam cada uma dessas seis seqüências foram adaptados, em geral, da iconografia apresentada nos livros de Bourseiller e Durieux (2001), Kraft (1991) e Pradal e Decobecq (2004) e compreende os seguintes assuntos: 1) paisagens vulcânicas: diversidade e beleza; 2) lagos ácidos e básicos: alguns lagos vulcânicos ao redor do mundo e o Lago Natron; 3) paisagens salinas: os sais do mar e da terra; 4) as montanhas coloridas: a paleta dos artistas; 5) a mineração e o impacto ambiental; e 6) a produção de enxofre: as sulfataras da Ilha de Vulcano e do vulcão Kawah Ijen.

As imagens foram obtidas, principalmente, em sítios específicos, como o trekearth.com, que é um sítio voltado à aprendizagem do mundo através de fotografias, e como o flickr.com, que é um sítio voltado à apresentação e organização de fotos, principalmente, de amadores da fotografia. A vantagem desse segundo sítio é que ele incentiva que os usuários disponibilizem suas fotografias sob o critério *copyleft*, ou seja, que as imagens possam ser utilizadas, copiadas e distribuídas, citando o autor da mesma<sup>1</sup>.

Não há presença de imagens do Brasil. Um dos principais motivos é que o tema utilizado para a busca das paisagens envolvia o vulcanismo, sabe-se que o Brasil não possui atividade vulcânica. Por outro lado, em temáticas que pudessem ser utilizadas imagens de paisagens brasileiras, como aquelas relacionadas à mineração, as fotografias encontradas nos sítios de busca não possuíam a qualidade que gostaríamos.

No sentido de enfatizar a potencialidade nas tecnologias de informação e comunicação, manteve-se a busca por informações restrita à Internet. Assim, a descrição das localidades, bem como algumas outras informações enciclopédicas, foram obtidas na legenda das próprias fotografias ou em versões de diferentes idiomas da Wikipédia<sup>2</sup>.

Na implementação da Exposição Virtual de Mineralogia, as indicações das localidades que constam nas seqüências de imagens serão apoiadas por representações geográficas obtidas a partir do sítio Wikimapia.org<sup>3</sup>, conforme Figura 1.

### **Paisagens vulcânicas: diversidade e beleza**

Essa primeira série de imagens de paisagens foi compilada a partir da variedade de paisagens vulcânicas indicadas nos livros de Bourseiller e Durieux (2001), Kraft (1991), Pradal e Decobecq (2004) e Press e colaboradores (2006). A partir dessas paisagens, pode-se apresentar aos alunos alguns processos geológicos de formação das paisagens, das rochas, dos minerais e dos cristais. Nesse sentido, mostra-se que a natureza química e os processos geoquímicos associados ao magma, bem como o tempo de esfriamento da lava, são determinantes da variedade de formas e cores dos cristais, minerais e rochas encontradas na litosfera terrestre.

A seqüência de imagens contém 24 fotos retiradas do sítio Flickr.com. Inicia-se com imagens do Monte Bromo, ao leste da Ilha de Java, na Indonésia, pois esse é um estratovulcão<sup>4</sup> jovem, em atividade, e é homônimo de um elemento químico halogenado, embora não tenha se encontrado explicações para tal homonomia<sup>5</sup>. A seguir constam imagens do Vesúvio, no sul da

<sup>1</sup> Nas imagens apresentadas neste artigo, apresenta-se o apelido dos usuários do Flickr.com, conforme o cadastro que eles realizaram junto à ferramenta.

<sup>2</sup> A Wikipédia é uma enciclopédia multilíngüe *online* livre, colaborativa, ou seja, escrita internacionalmente por várias pessoas comuns de diversas regiões do mundo, todas elas voluntárias. Por ser livre, entende-se que qualquer artigo dessa obra pode ser transcrito, modificado e ampliado, desde que preservados os direitos de cópia e modificações, visto que o conteúdo da Wikipédia está sob a licença GNU/FDL.

<sup>3</sup> WikiMapia é um sistema de busca na internet que localiza imagens de satélite de várias cidades e regiões do planeta Terra, baseada nas imagens de satélite do Google Earth. A integração com o sistema wiki é na forma de localização de lugares, qualquer pessoa tem a permissão de inserir uma localização do mapa.

<sup>4</sup> Os vulcões em forma de cone, ou seja, os estrato vulcões são a representação usual e exemplar dos vulcões.

<sup>5</sup> O elemento químico Bromo tem seu nome derivado do grego '*brômos*', que quer dizer fétido. Por sua vez, o Monte Bromo tem seu nome derivado de uma corruptela de seu nome em hindu '*Brahman*'.

Itália, um vulcão ocidental conhecido através de sua história e de suas lendas. Mostram-se imagens do vulcão onde o primeiro plano das fotografias estão sobre a cidade de Nápoles ou sobre as ruínas de Pompéia.



**Figura 1** – Representação planetária e imagens de satélite retiradas do sítio wikimapia.org para situar geograficamente as localidades indicadas nas seqüências de fotografias de paisagens, por exemplo, a localização do vulcão Kawah Ijen, na Indonésia.

Posteriormente, são apresentadas paisagens relacionadas ao vulcão Arenal, na Costa Rica, conforme indicado na Figura 2. Essas imagens são particularmente úteis para debater a formação de rochas a partir das erupções vulcânicas. A seguir, completa-se a seqüência com fotografias da Calçada dos Gigantes<sup>1</sup>, no noroeste da ilha da Irlanda; de erupções recentes na ilha de Stromboli, no Sul da Itália; da Capadócia<sup>2</sup>, na parte central da Anatólia, Turquia; e da caldeira vulcânica de Crater Lake, em Oregon (EUA).

#### **Lagos ácidos e básicos: alguns lagos vulcânicos ao redor do mundo e o Lago Natron**

A segunda seqüência possui 26 imagens de lagos vulcânicos. O objetivo nessa seqüência é apresentar os princípios biogeoquímicos relacionados à coloração desses lagos, buscando a justificação das mudanças de cores, sazonais ou casuais, como a do Lago Vui, conforme apresentado na Figura 3.

Inicia-se com diversas imagens de lagos ou caldeiras vulcânicas em vários tons de azul, percorrendo regiões como: o Lago Esmeralda, no maciço do Tongariro, na Ilha do Norte, na Nova Zelândia; a caldeira de Troitski, no vulcão Maly Semyachek, na península de Kamchatka, na Rússia; a cratera do vulcão Kawah Ijen, na Indonésia; o gêiser Grande Fonte Prismática, no Parque de Yellowstone, em Wyoming (EUA); e a Laguna Caliente na cratera do vulcão Poás, na província de Alajuela, na Costa Rica.

<sup>1</sup> Uma formação geológica estranha, que consiste em uma série de colunas hexagonais dispostas uma ao lado das outras, como em uma calçada de paralelepípedos, produto de uma erupção vulcânica.

<sup>2</sup> Uma insólita e surpreendente paisagem vulcânica, repleta de formações espetaculares que brotam do meio do deserto, como um vasto conjunto de pináculos, promontórios e mesetas rochosas. Além de verdadeiras cidades subterrâneas, construídas pelos hititas no interior das grutas da região, para serem utilizadas como esconderijo. Posteriormente foram utilizadas como cenário de filmes como Guerra nas Estrelas (Star Wars).





mcuscire (Flickr.com)

Figura 2a - Vulcão Arenal, em La Fortuna, entre as províncias de Alajuela e de Guanacaste, Costa Rica: em um entardecer, acompanhado de uma pequena fumarola, em setembro de 2006



kinoshaman (Flickr.com)

Figura 2b - Vulcão Arenal, em La Fortuna, entre as províncias de Alajuela e de Guanacaste, Costa Rica: durante uma breve erupção noturna, em novembro 2006



Red Waters (Flickr.com)

Figura 2c - Vulcão Arenal, em La Fortuna, entre as províncias de Alajuela e de Guanacaste, Costa Rica: com rochas vulcânicas que restaram do derramamento de 1968.

A Laguna Caliente é um dos lagos vulcânicos mais ácidos e ricos em enxofre da América Latina. O fluxo de gases vulcânicos, por exemplo, vapores de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ácido clorídrico (HCl), ácido fluorídrico (HF) e ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), lançados dentro da Laguna Caliente, acidificam a água do lago e seu meio-ambiente. Além disso, as variações sazonais do nível do lago, devido ao regime de chuvas, e os processos vulcânicos são capazes de acumular vários produtos químicos, de origem mineral, que ocorrem naturalmente em baixas concentrações.

O conjunto desses processos influencia a precipitação de minerais como gipso e sílica, bem como silicatos secundários como argilas e zeolitas<sup>1</sup>, provocando as mudanças de coloração dos lagos vulcânicos. Portanto, apresenta-se quatro imagens da Laguna Caliente, com mudanças de cor do lago, desde a coloração azul-esverdeada até tons de cinza.

Continuando a mostra de fotografias, apresentam-se outros lagos vulcânicos que possuem suas cores alteradas por processos de mineralização, como os do Vulcão Irazú, na Cordilheira Central, na Costa Rica, e no Lago Vui, no Monte Manaro, em Vanuatu, conforme indicado na Figura 3.

Como em outros casos, o processo de mineralização que ocorreu no Lago Vui é um tema em debate entre os vulcanólogos<sup>2</sup>, mas supõe-se que a mudança de cor foi ocasionada pela alteração do estado de oxidação e precipitação do ferro encontrado na água, provocado, por sua vez, pela liberação de  $\text{SO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  nos fluídos hidrotermais. O cátion ferroso (ferro II;  $\text{Fe}^{2+}$ ), na dissolvido em água, é oxidado, formando o cátion férrico (ferro III;  $\text{Fe}^{3+}$ ), que precipita, mudando a cor da água, de azul-esverdeado para vermelho.

<sup>1</sup> São minerais de aluminossilicatos hidratados que possuem uma estrutura aberta que pode acomodar uma grande variedade de cátions, como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , entre outros.

<sup>2</sup> Na Internet esse debate pode ser encontrado, por exemplo, no grupo de discussão: <http://www.groupsrv.com/science/about157264-0-asc-0.html>



bluespacemonkey10 (Flickr.com)

**Figura 3a** - Duas imagens da cratera vulcânica no Lago Vui, no Monte Manaro, na ilha de Ambae, em Vanuatu, um país da Melanésia: com sua usual coloração azul-turquesa após um período de atividade vulcânica, em 2005



conradh (Flickr.com)

**Figura 3b** - Duas imagens da cratera vulcânica no Lago Vui, no Monte Manaro, na ilha de Ambae, em Vanuatu, um país da Melanésia: com uma intrigante coloração vermelha após uma erupção, em 2006.

As imagens anteriores apresentam apenas paisagem de lagos vulcânicos ácidos, deriva de lavas ácidas, que possuem baixas temperaturas e são ricas em sílica e em gases. Então, a

seguir, são mostradas imagens de paisagens vulcânicas em que a lava é básica, ou seja, onde a temperatura é muito elevada, mas é pobre em sílica e em gases. Mostram-se imagens do vulcão Ol Doinyo Lengai e do Lago Natron, no norte da Tanzânia, próximo da fronteira com o Quênia, no Grande Vale do Rift, na África.

O vulcão Ol Doinyo Lengai é único no mundo, pois ele expelle lava de natrocarbonatita, uma mistura de carbonatos de sódio, potássio e cálcio, que é muito fluida e, normalmente, não contém sílica. Essa é a mais fria entre as lavas, sua temperatura é de cerca de 510 °C, muito menor que a temperatura das lavas basálticas, que são maiores que 1100 °C. As lavas fluem e são depositadas no Lago Natron, que é um lago alcalino, com índice de pH elevado, entre 9 e 11.

A cor desse lago é característica daqueles que contém elevadas taxas de evaporação. À medida que a água evapora, durante a estação seca, os níveis de salinidade aumentam até ao ponto em que os microrganismos adaptados a ambientes salinos (ou halófilos) começam a se desenvolver. Um exemplo são as cianobactérias, cujo pigmento vermelho dá origem aos tons de vermelho apresentados pelas águas mais profundas do lago e pelos alaranjados nas zonas mais superficiais.

Por fim, completa-se essa seqüência com imagens do gêiser Grande Fonte Prismática, como na Figura 4. Essas imagens são especialmente úteis para evidenciar o componente biogeoquímico na explicação da coloração das águas e do entorno do gêiser (National Service Park, 2007). Na imagem, os tons de azul e de verde podem ser explicados pelos cátions metálicos presentes na água, porém os amarelados e os alaranjados necessitam de um aprofundamento explicativo, que pode ser encontrado quando se inclui a ação das bactérias termofílicas.



Magadelic Rock (Flickr.com)

Figura 4 - Grande Fonte Prismática, localizada no Parque Nacional de Yellowstone, no estado do Wyoming, nos Estados Unidos da América

Na Grande Fonte Prismática, as bordas amareladas, junto aos canais de escoamento ácido, com temperaturas entre 60 °C e 85 °C, estão relacionadas à ação das bactérias do gênero



*Hydrogenobaculum*, que metaboliza compostos de hidrogênio e de enxofre, como o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ). Abaixo dessas temperaturas, desenvolve-se outras bactérias, como *Thiomonas*, *Acidimicrobium*, *Desulfurella* e *Metallosphaera*, que metabolizam compostos com ferro, provocando as cores alaranjadas, devido a presença de óxido de ferro (II).

### Paisagens salinas: os sais do mar e da terra

A terceira seqüência possui 45 imagens. Seguindo os propósitos de perceber e de identificar os processos biogeoquímicos subjacentes às paisagens, o objetivo dessa seqüência é particularizar a produção de sais, principalmente, cloreto de sódio (sal de cozinha), a partir de processos de mineração e de evaporação de água marinha e precipitação.

Inicia-se com diversas paisagens de salinas, em meios rurais e urbanos, apresentando-se imagens do Lago Grassmere, em Marlborough, Nova Zelândia; dos tanques de evaporação em Redwood City, Califórnia (EUA), como se pode ver na Figura 5; e das lagunas de Aigues Mortes (no idioma occitano, 'águas mortas'), no sul da França.



Telstar Logistics (Flickr.com)

Figura 5 - Tanques de evaporação para a produção de sal de cozinha, em Redwood City, Califórnia, Estados Unidos da América

Essas paisagens possuem em comum a cor avermelhada de suas águas, devido a presença de algas halófilas da espécie *Dunaliella salina*. Essas algas têm a extraordinária capacidade de sintetizarem e acumularem enormes quantidades do pigmento beta-caroteno, um carotenóide de extrema importância em diversos domínios, que se estendem desde a nutrição à medicina humana (Henriques e cols., 1998). O beta-caroteno é um pigmento tipicamente encontrado nas microalgas, bem como nas macroalgas e nas plantas. Geralmente é encontrado numa fração inferior a 1% da massa seca, mas pode ser acumulado até aproximadamente 10% em espécies halotolerantes (crescem em elevada concentração de sal), como naquelas do gênero *Dunaliella*.

Os pigmentos dessa alga são clorofila a, clorofila b, beta-caroteno e algumas xantófilas. A principal função do beta-caroteno na *Dunaliella* é proteger a célula dos potenciais danos da luz,



do oxigênio e dos efeitos fotodinâmicos durante a etapa de crescimento ativo da célula. Com o aumento da salinidade no ambiente, a intensidade da luz e da temperatura produz uma diminuição da quantidade de clorofila e um aumento do beta-caroteno, que tem efeito fotoprotetor, tornando-se a célula de cor vermelho-alaranjada. A *Dunaliella salina* é a única espécie do gênero que tem a capacidade de se tornar vermelha com uma proporção de carotenóides e de clorofilas maior de 6:1. O cultivo comercial da *Dunaliella salina* é realizado de maneira eficiente em tanques abertos, em regiões de salinas, onde a elevada incidência luminosa e a alta salinidade geram um estresse (desequilíbrio osmótico) nas células, que respondem com a síntese de glicerol e beta-caroteno (Oren, 2005).

A seqüência de imagens segue com paisagens de lagos, de diversas cores, no altiplano boliviano. Mostra-se a Laguna Colorada, a Laguna Verde e a Laguna Blanca, onde se encontra grandes quantidades de bórax nas margens da lagoa. Também, exibem-se fotografias do Mar Morto, no Oriente Médio e das piscinas de precipitação de potassa, junto ao rio Colorado, em Utah (EUA).

Posteriormente, exibem-se fotografias das formações calcárias em Pamukkale (que significa 'castelo de algodão', em idioma turco), na província de Denizli, no sudoeste da Turquia, como o exemplo da Figura 6. Essa é uma região de grande atração turística, famosa pelas maravilhosas formações rochosas que se juntam às atrações históricas, devido à proximidade das ruínas de Hierápolis, antiga capital da civilização frígia (750 – 700 a.C.). As formações geológicas são decorrentes do escoamento, durante milhares de anos, de águas com grandes concentrações de óxido de cálcio originadas da encosta sul do Monte Caldag, ao norte das ruínas. Essa águas são termais, a uma temperatura de cerca de 33 °C, e encontraram um dique natural, produzindo terraços sobre os quais se depositam as formações calcárias.



Telstar Logistics (Flickr.com)

Figura 6 - Formações calcárias em Pamukkale, no sudoeste da Turquia, junto às ruínas de Hierápolis, antiga capital frígia.

Por fim, apresentam-se imagens do Salar de Uyuni, localizado nas províncias de Potosí e Oruro, no sudoeste da Bolívia, a cerca de 3.600 metros de altitude. A Figura 7 é um exemplo

dessas imagens. A formação do salar remonta por volta de 40.000 anos atrás, quando aquela região fazia parte de um gigantesco lago pré-histórico. Quando o lago secou, deixou como remanescentes os atuais lagos Poopó e Uru Uru, e dois grandes desertos salgados, Coipasa e o extenso Uyuni. O Salar de Uyuni tem aproximadamente 12.000 km<sup>2</sup> de área, estima-se que ele contenha 10 bilhões de toneladas de sal, das quais menos de 25.000 são extraídas anualmente. Também é uma das maiores reservas de lítio do mundo. Além da extração de cloreto de sódio, o salar também é um importante destino turístico. Seus principais pontos de visita são o hotel de sal, que está desativado; a Ilha do Pescado, com suas formações de recife e os cactos de até 10 metros de altura; e a região do vulcão Tunupa, com suas encostas coloridas.

#### **As montanhas coloridas: a paleta dos artistas**

Essa seqüência, com 25 imagens, tem por objetivo apresentar as diversas cores e pigmentos de origem mineral. Por isso, começa-se com fotos do vulcão Tunupa, na Bolívia, ou seja, de onde acabou a seqüência anterior. As encostas do vulcão são vivamente coloridas, com uma grande diversidade de tons de cinza, de ocre e de vermelho. Em seguida aparecem fotografias de regiões montanhosas bastante coloridas: Landmannaulagar, na Islândia, e Zabriskie Point, nos Estados Unidos da América.



mtchm (Flickr.com)

Figura 7 - Salar de Uyuni, maior planície salgada do mundo, no altiplano andino, no sudoeste da Bolívia

As montanhas de Landmannaulagar, que em islandês quer dizer 'as fontes quentes do povo do lugar', são as mais coloridas da Islândia. Elas se encontram próximo do Vulcão Hekla, no sul da ilha. A área de Landmannaulagar é famosa para sua incrível beleza natural. A formação geológica da paisagem natural ainda é controversa, onde se postula a influência vulcânica e

glacial na composição do revelo e do solo. A área é composta, em sua maioria, de riolitos<sup>1</sup> subglaciais e por sedimentos tufáceos<sup>2</sup> e hialoclastitos<sup>3</sup>. Nas montanhas, como é possível notar na Figura 8, pode-se encontrar muitas cores, entre outras, rosa, marrom, verde, amarelo, azul, púrpura, preto e branco.



ofurrobi (Flickr.com)

Figura 8 - Montanhas de Landmannalaugar, uma região próxima ao vulcão Hekla, no sul da Islândia

Por sua vez, Zabriskie Point é uma região do Parque Nacional do Vale da Morte (nos EUA), famosa pela sua paisagem árida formada pela erosão. O terreno é chamado de 'badlands' (ou seja, más terras) devido à sua topografia, que torna sua travessia bastante difícil. É composto de sedimentos do *Furnace Creek Lake*, que secou há cinco milhões de anos — muito antes que o Vale da Morte surgisse. A variação de cores na 'Paleta do Artista', mostrado na Figura 9, é proveniente da oxidação dos metais, por exemplo: as cores vermelha e amarela são derivadas de sais de ferro; o verde é decorrente de decomposições de micas; e o púrpura está relacionado à presença de magnésio.

Em seguida, aparecem fotos de regiões andinas. Começa-se pela Ponte do Inca, em Mendoza, Argentina, para ressaltar a coloração amarela provocada pela presença de enxofre. Em seguida, com o objetivo de mostrar o impacto da exploração colonial sob as paisagens, exibem-se imagens da região de Huancavélica, no Peru – uma importante região de mineração de mercúrio – e, por fim, do Cerro Rico, em Potosi, Bolívia – uma histórica mina de prata.

A história de Potosi é exemplar da exploração colonial na América Latina. A cidade foi fundada em 1546. Em 1611 já era a maior produtora de prata do mundo e tinha cerca de 150.000

<sup>1</sup> Riolito é uma rocha ígnea vulcânica, correspondente extrusiva do granito. É densa e possui uma granulação fina. Também é chamado de quartzo-pórfiro. A sua composição mineral inclui geralmente quartzo, feldspatos alcalino e plagioclásio. Sua cor é cinza avermelhada, rosada, podendo ser até preta.

<sup>2</sup> As tufas são depósitos carbonáticos recentes que são formadas sob condições climáticas diversas, desde águas frias temperadas até sob regimes semi-áridos. A denominação 'tufa' deriva de *tophus*, termo amplamente empregado, em tempos romanos, para descrever materiais porosos, tanto calcários como também vulcânicos, passando, atualmente, a ser empregado apenas para depósitos carbonáticos originados em águas continentais sob temperatura ambiente, tendo como característica distintiva a presença de remanescentes de macrófitas, invertebrados e bactérias.

<sup>3</sup> Fragmentos vítreos, gerados em erupções basálticas submarinas, em águas profundas.



habitantes. No entanto, em 1825 a maior parte da prata já se tinha esgotado, e a sua população decresceu aos 8.000 habitantes. Conforme Galeano (2004), durante a época de ocupação espanhola na América Latina, o padre Álvaro Alonso-Borba publicou, em 1640, em Madri, um tratado sobre a arte dos metais em que descrevia a região de Potosí, onde se podia observar que, naquela época, “os montes de rochas, acumulados em torno das infinitas perfurações, tem todas as cores, são rosados, lilases, púrpuras, ocre, cinzas, dourados e pardos”. Na Figura 10, além de outras imagens da seqüência, pode-se notar a monocromia da paisagem. Devido à exploração colonial, ali não se encontram mais as lindas cores que há em Landmannalaugar e Zabriskie Point.



Wolfgang Staudt (Flickr.com)

Figura 9 - A “paleta do artista” em Zabriskie Point, ao norte do Deserto de Mojave, na Califórnia (EUA)



pabloelrojo (Flickr.com)

Figura 10 - Cerro Rico, uma histórica mina de prata em Potosí, no sudoeste da Bolívia

### A mineração e o impacto ambiental

Nessa seqüência, com 28 imagens, tem-se o objetivo de aprofundar a discussão sobre os possíveis impactos ambientais dos processos de mineração e de metalurgia. Nesse sentido, começa-se exibindo imagens de uma paisagem vulcânica com sulfetos naturais, em Namafjall, na área vulcânica de Krafla, na Islândia. Essa é uma área geotérmica de altas temperaturas com fumarolas<sup>1</sup> e poços de lama (mud pots, em inglês). Anteriormente, havia mineração de enxofre nessa região para a produção de pólvora. A Figura 11 é uma imagem renderizada<sup>2</sup> dessa região.



petursey (Flickr.com)

Figura 11 - Imagem renderizada da região geotérmica de Námafjall, próximo ao lago Myvatn, fonte natural de sulfetos, ao norte da Islândia

Em seguida, mostram-se fotos de diversas minas de cobre ao redor do mundo, como a Lavender Pit Mine, em Bisbee, Arizona (EUA), e Chuquicamata, a maior mina de cobre a céu aberto do mundo, localizada próxima a cidade de Calama, no deserto do Atacama no norte do Chile. Uma fotografia aérea dessa mina pode ser vista na Figura 12. Posteriormente, apresentam-se imagens do processo de mineração e de metalurgia do cobre, na região de Lonshi, na República Democrática do Congo, na África.

A produção do cobre começa com a extração do mineral. Esta pode ser realizada a céu aberto (a exploração mais comum), em galerias subterrâneas ou a partir de extração química. O

<sup>1</sup> Fumarola (do latim *fumus*, fumo) é uma abertura na superfície da crosta da Terra (ou de outro qualquer corpo celeste), em geral situada nas proximidades de um vulcão, que emite vapor de água e gases tais como dióxido de carbono, dióxido de enxofre e ácido sulfídrico.

<sup>2</sup> Renderizar é o processo pelo qual se podem obter imagens digitais. O termo 'renderizar' (do inglês *to render*) é usado na computação gráfica, significando converter uma série de símbolos gráficos num arquivo visual, ou seja, 'fixar' as imagens num vídeo, convertendo-as de um tipo de arquivo para outro, ou ainda 'traduzir' de uma linguagem para outra. Para renderizar uma cena é necessário, entre outras coisas, definir um tipo de textura para os objetos existentes, sua cor, transparência e reflexão, localizar um ou mais pontos de iluminação e um ponto de vista sob o qual os objetos serão visualizados. Ao renderizar, o programa calcula a perspectiva do plano, as sombras e a luz dos objetos. Por exemplo, o processo HDR, como o utilizado na Figura 11, permitiu equalizar os tons da imagem, a partir de outras com exposições diferentes, obtendo um resultado mais próximo da realidade da cena, dando a impressão de como ela seria em um dia e horário de grande luminosidade.



mineral extraído por métodos mecânicos, na forma de óxidos e sulfetos, é triturado, obtendo-se um pó que contém menos de 1% de cobre. Esse precisa ser enriquecido ou concentrado, obtendo-se uma pasta com aproximadamente 15% de cobre que, posteriormente, é secado. O mineral é transladado a um tanque de lixiviado no qual se filtra ácido sulfúrico diluído obtendo-se uma solução fraca de sulfato de cobre, de cor azul turquesa, do qual se obtém o cobre catodo, por eletrólise. O cobre catodo obtido tem uma pureza entre 99,9% e 99,99% e é empregado para a fabricação de diferentes tipos de cobre comercial, como lingotes, placas para laminação de chapas ou fitas e barras de secção circular, para laminação ou fiação.



Ramon Arellano (Flickr.com)

Figura 12 - Fotografia aérea de [Chuquibambilla](#), maior mina de cobre a cova aberta do mundo, no Deserto do Atacama, norte do Chile.

Por fim, apresentam-se fotos de um mineradora de níquel, em Sudbury, Ontário, Canadá. Suspeita-se que essa mineradora é responsável pelo impacto ambiental mostrado na Figura 13. O problema está relacionado à drenagem ácida de minas (DAM), que consiste em uma solução aquosa ácida gerada quando minerais sulfetados, presentes em resíduos de mineração (rejeito ou estéril) são oxidados em presença de água. A ocorrência de DAM tem sido relatada na extração de ouro, níquel, cobre, zinco ou urânio, entre outros, bem como na disposição inadequada dos resíduos destas operações. Trata-se de um dos mais graves impactos ambientais associados à atividade de mineração.

#### **A produção de enxofre: as sulfataras da Ilha de Vulcano e do vulcão Kawah Ijen**

A última seqüência contém 23 imagens e tem por objetivo abordar algumas questões sociais e econômicas subjacentes à exploração e ao comércio do enxofre. Essa seqüência é uma adaptação da descrição apresentada em Bourseiller e Durieux (2001). Ela inicia com imagens portuárias de Vancouver, no Canadá, no intuito de descrever a importância do enxofre na indústria química e a história do Canadá na exploração e no comércio de minerais em escala global. Por exemplo, o principal produto derivado do enxofre, o ácido sulfúrico, é o segundo produto químico em quantidade de produção em todo o mundo, perdendo apenas para a produção de combustíveis fósseis.

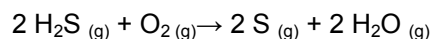


savethewildup (Flickr.com)

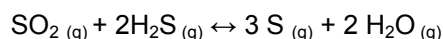
Figura 13 - Drenagem ácida provocada pela mineração de níquel, próximo à Sudbury, na província de Ontário, Canadá

A seguir, mostram-se imagens da Ilha Vulcano, na costa siciliana, na Itália. A atividade vulcânica é freqüente com erupções geralmente explosivas. Ao norte, numerosas fumarolas continuam a emitir ácido bórico, cloreto de amônia e enxofre, que alimentam um complexo industrial para a produção de enxofre. Além disso, a partir das paisagens dessa ilha, faz-se algumas relações entre os vulcões e a mitologia, como consta em Kraft (1991). Por exemplo, o debate sobre se a origem das erupções e da lava estava relacionado à Júpiter, a origem seria em perturbações marinhas e oceânicas, ou à Vulcano, a origem seria do interior do planeta.

Por fim, apresenta-se um conjunto de fotografias da exploração de enxofre e do turismo no vulcão Kawah Ijen, na Indonésia. A Figura 14 traz alguns exemplos dessas fotografias. Na caldeira do Ijen existe uma fumarola que expele vapor com grandes concentrações de ácido sulfídrico e de dióxido de enxofre. Essas fumarolas são também chamadas de sulfataras, que tem origem no italiano 'solfatare', onde 'solfa' se refere à enxofre. Em contato com a atmosfera, os gases de ácido sulfídrico reagem com o oxigênio atmosférico produzindo depósitos de enxofre, conforme a reação:



Também ocorre reação entre dióxido de enxofre e ácido sulfídrico, formando enxofre, conforme a equação:



Cada dia, sem nenhuma proteção contra os gases vulcânicos tóxicos e corrosivos, os mineradores entram na cratera do vulcão, próximo ao lago de temperaturas entre 20 °C e 40 °C e pH menor que 0,3, para buscar o enxofre solidificado na noite anterior. Produz-se cerca de 4 toneladas de enxofre por dia. Para facilitar a exploração do enxofre, os mineiros utilizam tubos metálicos que canalizam as fumarolas, o que permite a condensação do enxofre ao estado líquido. Na saída da canalização retiram o enxofre em estado sólido e o transportam sobre seus ombros, em cestos contendo em torno de 60 kg, até o entreposto de comércio, há cerca de 3,5 km da cratera. Apesar desse trabalho, o minério é pouco valorizado, paga-se cerca de US\$ 0,10 por kg de enxofre sólido. Além disso, a expectativa de vida dos mineradores é pouco mais de 40 anos.



Sam@flickr (Flickr.com)

Figura 14a - O Vulcão Kawah Ijen (cratera verde, em indonésio), localizado à leste da Ilha de Java, na Indonésia



Jeanie Barnett (Flickr.com)

Figura 14b - lugar onde se encontra enxofre nativo em abundância, junto às bordas do lago ácido da cratera vulcânica





egyptety (Flickr.com)

Figura 14c - O enxofre é explorado por mineradores que estão expostos a condições muito insalubres, devido a presença de vapores tóxicos e corrosivos.

O vulcão Kawah Ijen possui uma das maiores reservas de enxofre elementar de origem vulcânica. Porém, comparando-se com a produção mundial de enxofre, essa exploração tradicional é anedótica. Cerca de 99% do enxofre utilizado na indústria é de origem sedimentar, ou seja, está associada aos calcários, aos sulfatos (como o gipso) ou à matéria orgânica.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo, buscamos apresentar uma breve revisão bibliográfica sobre uma temática importante nas geociências, a paisagem. Nesse sentido, focamos, principalmente, o debate acerca da apreensão das paisagens, realizado na França. Portanto, entendemos que na ampliação desse trabalho é necessário agregar mais vozes a esse debate, trazendo sabedorias e compreensões de outros matizes, vieses e tradições.

Posteriormente, ressaltamos a possibilidade de um olhar sobre as paisagens que evidencie alguns processos biogeoquímicos a elas subjacentes. É preciso dizer que esse foi um trabalho de descobertas e de aprendizagens. Foram muitas horas de busca na Internet para se encontrar as imagens, seja devido à temática escolhida, seja a qualidade necessária às fotografias (não apenas em enquadramento, contraste ou brilho, mas também em relação à resolução da imagem). Além disso, na maioria das vezes, foi necessário empreender pequenas investigações bibliográficas e enciclopédicas para descrever e justificar os fenômenos biogeoquímicos que se buscou evidenciar pelas fotografias. Sem dúvida, uma expansão desse trabalho seria enriquecida com a colaboração de profissionais de outras áreas do conhecimento, como ecólogos, biólogos e físicos, entre outros, sem contar aqueles da própria geociências.

Entendemos que é importante buscar as percepções e compreensões parciais que estudantes de diferentes idades e escolaridade tenham dessas imagens de paisagens. Esse é um objetivo que será perseguido em próximas investigações. Por fim, indicamos que essas imagens de paisagens serão utilizadas na elaboração de uma mostra de uma Exposição Virtual de Mineralogia, que será implementada durante os próximos dois anos.

**AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao CNPq o financiamento do projeto de pesquisa que permitiu a elaboração do presente artigo.

**REFERÊNCIAS**

BERTRAND, G. Le paysage, entre la Nature et la Société (pp. 88 – 108). Em: A. Roger (Org.), **La Théorie du Paysage en France (1974-1994)**. Seyssel: Champ Vallon, 1995.

BONFIM, N.R. Geografia escolar: qual o seu problema? **Caminhos de Geografia**, 7 (18), 123 – 133, 2006.

BOURSEILLER, P. & DURIEUX, J.. **Des volcans et des hommes**. Paris: Editions de la Martinière, 2001.

BRUNET, R. Analyse des paysages et semiologie – éléments pour un débat (pp. 7-20). Em: A. Roger (Org.), **La Théorie du Paysage en France (1974-1994)**. Seyssel: Champ Vallon, 1995.

CUECO, H. Approches du concept de paysage (pp. 168 – 181). Em: A. Roger (Org.), **La Théorie du Paysage en France (1974-1994)**. Seyssel: Champ Vallon, 1995.

DONADIEU, P. Pour une conservation inventive des paysages (pp. 400 – 423). Em: A. Roger (Org.), **La Théorie du Paysage en France (1974-1994)**. Seyssel: Champ Vallon, 1995.

EICHLER, M.L. & DEL PINO, J.C. **Ambientes virtuais de aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

EICHLER, M.L. & DEL PINO, J.C. Museus virtuais de ciências: uma revisão e indicações técnicas para o projeto de exposições virtuais. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, 5 (2), 1-13, 2007.

GALEANO, E. **Las venas abiertas de América Latina**. Montevideu: Ediciones del Chanchito, 2004.

HENRIQUES, N.M.; NAVALHO, J.C.; VARELA, J.C. & CANCELA, M.L. *Dunaliella*: uma fonte natural de beta-caroteno com potencialidades de aproveitamento biotecnológico. **Boletim de Biotecnologia** (Lisboa), 61, 12-18, 1998.

HUFTY, A. L'art du paysage et le geographie. **Finisterra**, 36 (72), 127 – 139, 2001.

KRAFT, M. **Les feux de la terre – Histoires de volcans**. Paris: Gallimard, 1991.

LUCHIARI, M. T. D. P. A (re)significação da paisagem no período contemporâneo (pp. 09 – 26). Em: R. L. Corrêa e Z. Rosendahl. (Org.), **Paisagem, Imaginario e Espaço**. 1 ed. Rio de Janeiro: UERJ, 2001.

LUGINBÜHL, Y. Le paysage rural (pp. 313 – 333). Em: A. Roger (Org.), **La Théorie du Paysage en France (1974-1994)**. Seyssel: Champ Vallon, 1995.

MATIAS, V.R.S. Implicações das novas tecnologias na educação geográfica: para quem? e para que? **Caminhos de Geografia**, 22 (16) 242 – 253, 2005.

MATIAS, V.R.S. As relações entre Geografia, mediação pedagógica e desenvolvimento cognitivo: contribuições para a prática de ensino em Geografia. **Caminhos de Geografia**, 24 (17) 250 – 264, 2006.

NATIONAL PARK SERVICE, The. **Yellowstone resources & Issues 2007**. [Disponível on-line em: [www.nps.gov/yell/planyourvisit/yellowstone-resources-and-issues-handbook.htm](http://www.nps.gov/yell/planyourvisit/yellowstone-resources-and-issues-handbook.htm)]

OHTA, H. A phenomenological approach to natural landscape cognition. **Journal of Environmental Psychology**, 21, 387-403, 2001.

OREN, A. A hundred years of *Dunaliella* research: 1905–2005. **Saline Systems**, 1 (2), 1-14, 2005.

PRADAL, E. & DECOBECQ, D. **Au coeur des volcans**. Paris: Fleurus, 2004.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; & JORDAN, T.H. **Para entender a Terra**. Porto



Alegre: Bookman, 2006.

ROSE, G. Teaching visualised geographies: towards a methodology for the interpretation of visual materials. **Journal of Geography in Higher Education**, **20** (3), 281 – 294, 1996.

SAMRSLA, V.E.E.; GUTERRES, J.O.; EICHLER, M.L. & DEL PINO, J.C. Da mineralogia à química: uma proposta curricular para o primeiro ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**, **25**, 20-29, 2007.

SAUER, C. A morfologia da paisagem (pp. 12 - 74). Em: R. L. Corrêa e Z. Rosendahl (Orgs.), **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EdUERJ. (Trabalho originalmente publicado