

## CAPÍTULO 3

---

### **GEOLOGIA AMBIENTAL: CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

*Antônio Ivo de Menezes Medina\** ; *Jorge Pimentel Cássio\** ; *Roberto da Silva\** ;  
*Fernanda Gonçalves da Cunha\** ; *Patrícia Durringer Jacques\** ; *Andrea F. Borges\*\**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Em todas as atividades humanas, o início do século XXI é marcado pela busca da sustentabilidade, ou seja, ou descobrimos e colocamos em prática maneiras mais racionais de usar os recursos naturais, ou teremos cada vez mais desequilíbrios climáticos, poluição do ar, das águas e dos solos e uma conseqüente baixa da qualidade de vida de um número cada vez maior de pessoas. Neste cenário, a geologia ambiental ou geoambiental tem uma importante contribuição a dar.

A geologia ambiental é o estudo da geologia aplicada ao meio ambiente, buscando investigar os problemas geológicos decorrentes da relação entre o homem e a superfície terrestre. Este campo das geociências avançou bastante nos últimos 20 anos, em face da sua efetiva contribuição ao desenvolvimento sustentável do Planeta.

A geologia ambiental interage com outras áreas do conhecimento, como a geografia, a biologia, a geomorfologia, a agronomia, a química, a medicina, dentre outras, para estabelecer e definir os relacionamentos entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e ao planejamento territorial.

O termo geoambiental, adotado pela *International Union of Geological Sciences* – IUGS foi criado para denominar a atuação dos profissionais das geociências no meio ambiente. Essa atuação contempla aplicações dos conhecimentos técnicos do meio físico aos diversos instrumentos e mecanismos de gestão ambiental, utilizando a cartografia, que inclui o uso de Sistemas de Informação Geográfica – SIG e de bancos de dados. Portanto, a incorporação do termo geoambiental amplia o campo de atuação profissional e favorece a integração de especialistas e de experiências de áreas afins.

Um dos principais objetivos de um estudo geoambiental é fornecer a administradores, planejadores e outros profissionais que atuam na área da organização e desenvolvimento territorial informações integradas sobre as principais características do meio físico e seu comportamento frente às várias formas de uso e ocupação. Este estudo é, também,

---

\* Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

\*\* Instituto de Geociências da UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

empregado, direta ou indiretamente, como instrumento de gestão ambiental de empreendimentos – minerações, hidrelétricas, túneis, estradas, indústrias, aterros sanitários, planos diretores, oleodutos, gasodutos e loteamentos – e de regiões geográficas, como bacias hidrográficas, unidades de conservação, áreas costeiras, regiões metropolitanas e zonas de fronteiras.

### **1.1 Prevenir em vez de remediar**

Ao integrar dados sobre relevo, substrato rochoso, água, solos, uso e ocupação, o estudo geoambiental fornece informações sobre os ambientes geológicos em que se formaram os terrenos, bem como as suas potencialidades naturais e limitações face ao uso e ocupação das terras. Além disso, busca fornecer informações que permitam prevenir catástrofes atribuídas a causas naturais ou à ação do homem.

A geologia ambiental gera conhecimentos sobre a base física onde ocorrem os impactos da implantação e da operação de diferentes empreendimentos. Ela pode também ajudar a dimensionar os efeitos do aumento populacional sobre o meio ambiente.

Os estudos geoambientais são aplicados na avaliação de impactos sobre o meio físico, na recuperação de áreas degradadas, no monitoramento ambiental, em auditorias ambientais e na investigação de passivo ambiental. O estudo do meio físico e de suas possíveis interações com o empreendimento proposto é a principal contribuição da geologia em um Estudo de Impacto Ambiental – EIA.

### **1.2 O setor mineral**

Desde o século XVI, quando os portugueses chegaram ao Brasil, a busca e o aproveitamento de recursos minerais têm contribuído para a economia nacional e determinado parte da ocupação do território. A indústria mineral no Brasil é responsável, hoje, por um produto interno bruto de US\$ 54 bilhões (excetuando-se petróleo e gás), que responde por US\$ 24 bilhões (20%) na pauta de exportações, sob a forma de bens primários, manufaturados e compostos químicos, correspondentes a 34% do saldo da balança comercial. A mão-de-obra direta ocupada na indústria extrativa mineral atinge, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, um total de 246 mil pessoas.

O subsolo brasileiro possui importantes depósitos minerais e produz hoje cerca de 70 substâncias, sendo 21 do grupo de minerais metálicos, 45 dos não-metálicos e quatro dos energéticos.

O setor mineral é composto por 95% de pequenas e médias minerações. Cerca de 4% das minas ficam na região Norte, 8% no Centro-Oeste, 13% no Nordeste, 21% no Sul e 54% no Sudeste.

A mineração é uma atividade industrial importante e necessária, embora possa produzir impactos ambientais nas fases de extração, beneficiamento, refino e fechamento de mina. Ela tem sido considerada uma atividade que tem causado problemas de poluição sonora, da água e do ar, erosão e subsidência do terreno. Também têm sido associadas à mineração questões sociais, como: conflitos pelo uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano.

No contexto urbano, os impactos da mineração são agravados pela proximidade entre áreas mineradas e aquelas habitadas. É o caso das vibrações, ruídos e dos impactos visuais causados pelos altos volumes de rocha e terra movimentadas.

Em termos gerais, os maiores problemas ambientais não se devem à mineração moderna, que dispõe de meios técnicos e recursos para manter a situação sob controle, de acordo com as legislações ambientais e atendendo às expectativas e reivindicações das populações locais. Uma parcela significativa dos problemas vividos hoje foi herdada do passado, em forma de passivo ambiental. Os rejeitos das minas contêm substâncias nocivas ao ambiente e ao homem, que continuam a causar problemas mesmo depois do fim do ciclo minerário. O ciclo do ouro do século XVIII, por exemplo, deixou seqüelas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e São Paulo e, na década de 1970, também na Amazônia. A extração de carvão em Santa Catarina até hoje causa danos aos recursos hídricos da região.

Estratégias de remediação (que incluem a descontaminação da água de uso doméstico e de solos) devem ser executadas a partir de um melhor conhecimento dos processos naturais, da implementação de tecnologias e da conscientização das autoridades, empresas e organizações civis.

O interesse em harmonizar a exploração dos recursos naturais com a preservação da natureza tem crescido de modo expressivo nos últimos anos entre as empresas do setor mineral. Esta nova forma de pensar e agir não é mais apenas fruto de pressões exercidas pelas autoridades: é uma ação própria, que reflete a inserção deste setor empresarial na expectativa da sociedade. Nesse sentido, várias empresas estão promovendo estudos necessários à implantação da ISO 14001.

O fechamento de mina (internacionalmente designado *decommissioning*, *mine closure* ou *cierre de mina*) é um tema que vem se materializando gradativamente no nosso ordenamento jurídico, a partir do advento da Constituição Federal de 1988. O artigo 225, § 2º da Constituição impõe àquele que explorar recursos minerais a responsabilidade de recuperar os danos ambientais causados pela mineração.

A mineração é capaz de gerar riquezas, avanço tecnológico e bem-estar social sem danificar o ambiente, mostrando à opinião pública que é possível conciliar a extração de recursos com as práticas ambientais recomendadas pelos especialistas, através da conservação das características próprias de cada região explorada.

### 1.3 A questão do garimpo

A garimpagem provoca impactos ambientais nas áreas submetidas a este tipo de extração rudimentar e predatória (Foto 1), principalmente através da contaminação dos recursos hídricos. Nesse aspecto, cabe lembrar a contaminação com mercúrio em diversos locais da região amazônica e a paisagem de devastação resultante do desmonte hidráulico e outros processos de exploração.

O garimpo, pela informalidade das suas atividades, à margem dos compromissos legais, fiscais e trabalhistas, tem recebido do governo uma atenção e um tratamento diferenciados. Ele é considerado uma questão social, distinto, portanto, da mineração legalmente organizada.



**Foto 1** – Aspecto da área degradada pelo garimpo de São João da Chapada, Diamantina, MG

## 2. SITUAÇÃO ATUAL

Nos países da América do Norte, Europa e parte da Ásia, a geologia ambiental tradicionalmente vem se desenvolvendo nas áreas de geologia de engenharia, geotecnia, águas subterrâneas e riscos geológicos. Nos últimos 15 anos, em vista da crescente preocupação com a degradação e as mudanças climáticas, outras áreas foram englobadas, como: informações para planejamento, geologia urbana, ordenamento territorial mineiro, geologia médica e geoturismo (geoparques, geosítios, patrimônios geológicos mineiros).

No mundo inteiro, é notória a necessidade do uso sustentável dos recursos naturais. Nesse sentido, a Assembleia Geral das Nações Unidas considerou 2008 como o Ano Internacional do Planeta Terra das Nações Unidas – AIPT. As atividades terão duração de três anos (2007 a 2009) e estão sendo organizadas pela IUGS, que representa aproximadamente 250.000 geocientistas em 17 países.

A geologia ambiental enfoca a complexa relação entre o homem e o planeta. Com a certeza de que os geocientistas podem contribuir intensamente para harmonizar esta relação, foi criado um programa de ciência da terra, que constará dos seguintes temas: desastres naturais; Terra e saúde; recursos naturais (minerais e energia); oceano; megacidades; mudanças climáticas; água subterrânea; Terra e vida; solos; profundezas da Terra.

Esse programa interessa aos gestores e políticos, que necessitam de melhores informações sobre o conhecimento científico da Terra a ser utilizado no desenvolvimento sustentável, aos geocientistas e à população em geral, que necessitam saber como o conhecimento científico pode contribuir para uma sociedade segura, sadia e sustentada.

## **2.1 Cenário brasileiro**

O modelo de desenvolvimento adotado no Brasil, na década de 70, do século XX, vem causando um aumento excessivo dos núcleos urbanos, a partir da criação e do crescimento dos parques industriais. Nesse contexto, a pressão por exploração de bens minerais experimentou um grande avanço em função da necessidade de recursos para a indústria e de materiais para construção civil.

Outro fator de pressão sobre os bens do subsolo é o desemprego, que provocou uma verdadeira corrida para a garimpagem, principalmente de ouro e gemas. Nesse cenário, os recursos naturais renováveis e não-renováveis vêm sendo explorados sem se considerar a sua fragilidade, comprometendo e, por vezes, impactando, de forma irreversível, o meio ambiente.

A degradação do subsolo, intensificada em meados do século XX, ocorreu principalmente por causa da agricultura, mineração e urbanização em locais inadequados, atividades econômicas em áreas de recarga de aquíferos subterrâneos e explorações irregulares em regiões com patrimônio paleontológico, espeleológico e arqueológico.

Um exemplo de exploração irregular é o uso intenso de areia, brita, saibro e argila na construção civil, que vem diminuindo as jazidas disponíveis destes materiais e provocando conflitos com outras formas de ocupação do solo. Atualmente, junto às grandes metrópoles brasileiras, é comum encontrarmos enormes áreas degradadas pela extração destes materiais. Por sua importância em habitação, saneamento e transportes, estes materiais são considerados como bens minerais de uso social e o índice de clandestinidade de sua exploração é bastante expressivo. Os impactos ambientais resultantes da extração destes materiais são grandes e descontrolados, degradando ambientes de delicado equilíbrio ecológico, como dunas e manguezais, além de alterar canais natu-

rais de rios e aspectos paisagísticos. As cavas, enormes buracos gerados pela sua extração, têm sido usadas como bota-fora da construção civil e até mesmo como lixões.

Em várias regiões brasileiras, há problemas de colapso da superfície do solo relacionados a cavidades subterrâneas naturais, em zonas cársticas, e a cavidades artificiais, em áreas de mineração subterrânea. Um exemplo é a região carbonífera do Sul brasileiro (Foto 2). A exploração não planejada em áreas carbonáticas induz também ao rebaixamento excessivo do lençol freático, com alteração no regime hidrológico.

A ação do homem, sobretudo devido à ocupação desordenada das terras, é responsável ainda por problemas de ordem geotécnica (subsistência, deslizamentos, erosão acelerada e inundações), que resultam na degradação do solo e do subsolo. Por outro lado, o conhecimento das ciências geológicas tem sido cada vez mais aplicado ao desenvolvimento de estudos e novos métodos e tecnologias a serviço da preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida. Neste sentido, vêm sendo desenvolvidas, de forma sistemática, linhas de ação com enfoque na análise e mitigação de danos e perdas provocados por desastres naturais (em especial, desertificação, escorregamentos e inundações); na avaliação de anomalias geoquímicas em sedimento de fundo, água e solos e suas possíveis associações com problemas de saúde pública. A remediação de impactos ambientais causados pela atividade mineral tem sido realizada por meio de subsídios a planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração.



**Foto 2** – Mina de carvão Esperança, SC

## 2.2 Minas turísticas

Em relação ao patrimônio mineiro, uma iniciativa bastante interessante é a preservação e a valorização das antigas minas, que podem ser aproveitadas como atração turística, transformando o passivo ambiental em atrativo histórico e gerando emprego e renda para antigos mineiros, mineradores e para a população da região. Um exemplo é a Mina da Passagem (Foto 3), uma mina subterrânea de ouro localizada em Mariana, Minas Gerais, explotada de 1719 a 1996. Ela virou atração turística, com visitas às instalações subterrâneas. Sua usina de beneficiamento foi transformada em museu. Atualmente, porém, as visitas à mina estão suspensas devido a problemas técnicos.



**Foto 3** – Mina da Passagem, MG. Visitantes no trole que era usado na época da mineração de ouro

## 2.3 Geoparques

Um outro segmento relacionado à geologia ambiental que vem sendo desenvolvido em vários países da Europa, América do Norte e Ásia é a caracterização e a criação de geoparques. Um geoparque, criado com a assistência da Unesco, tem objetivos ligados à conservação e à Educação. Ele preserva um patrimônio geológico expressivo para futuras gerações, desenvolve ações para ensinar ao grande público temas relativos a paisagens geológicas e matérias ambientais e também pode prover meios de pesquisas para as geociências. Um geoparque colabora na busca pelo desenvolvimento sustentável, já que, ao utilizar um bem natural para fins econômicos através do turismo, gera emprego e renda.

### 3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E POLÍTICAS PÚBLICAS

A demanda interna e a necessidade de exportar implicaram no aumento da produção de bens minerais. Por outro lado, a exploração excessiva do patrimônio mineral obrigou o poder público a tomar decisões para minimizar os impactos ambientais decorrentes desta atividade.

A lei maior do país, a Constituição Federal de 1988, estabelece, em seu artigo 225, que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A Constituição também impõe àquele que explorar recursos minerais a responsabilidade de recuperar os danos ambientais causados pela mineração.

A obrigatoriedade do licenciamento ambiental está prevista na Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, extensiva também às atividades garimpeiras e à exploração de agregados para a construção civil. Esta lei instituiu ainda o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, encarregado de disciplinar atividades potencialmente impactantes.

Em casos de empreendimentos de mineração com significativo impacto de âmbito nacional ou regional, a competência para efetuar o licenciamento ambiental é do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis – IBAMA, órgão federal vinculado ao Ministério do Meio Ambiente – MMA. Os empreendimentos de mineração estão obrigados, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), a submeter o plano de recuperação de área degradada à aprovação do órgão estadual de meio ambiente (Quadro 1).

**Quadro 1** - Atribuições governamentais em relação à proteção ambiental e ao planejamento da mineração

| Atividade de Mineração               | Poder Municipal                        | Poder Estadual  | Poder Federal                         |
|--------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Requerimento de Concessão ou licença | Leis de Uso e Ocupação do Solo         | Licença Ambiental por Legislação Federal                        | Deferimento ou Indeferimento          |
| Pesquisa Mineral                     | Leis de Uso e Ocupação do Solo         | Licença Ambiental por Legislação Federal                        | Acompanhamento<br>Aprovação Negação   |
| Lavra Mineral                        | Alvará de Funcionamento                | Análise do EIA/ RIMA e Licença Ambiental por Legislação Federal | Acompanhamento e Fiscalização Mineral |
| Recuperação da Área Minerada         | Definição do Uso Futuro do Solo Criado | Licença Ambiental por Legislação Federal                        |                                       |

Fonte: Farias, 2002.



### **3.1 Implantação de políticas públicas**

Em 1997, o MMA formulou políticas públicas para o desenvolvimento sustentável do setor mineral. Tais políticas incluem a criação de programas compartilhados com os atores do setor, apontando para o monitoramento e para mecanismos de auto-regulação. Verificou-se também a necessidade de identificar as principais áreas mineiras impactadas e desenvolver diagnósticos que definam riscos atuais e potenciais.

Em vários estados, políticas suplementares vêm sendo introduzidas gradualmente, visando preencher lacunas. Tais políticas são inseridas nas próprias constituições estaduais, como no Paraná e em São Paulo; são objeto de leis específicas, como em Rondônia (Lei nº 547/1993 – Política Estadual do Meio Ambiente); ou então estão previstas em códigos temáticos, como no Rio Grande do Sul (Lei nº 11.520/2000), na qual estão estabelecidas as diretrizes para a proteção e recuperação de áreas degradadas, proteção do patrimônio paleontológico, além de ser exigida licença prévia para mineração).

É interessante ressaltar que toda essa ação resulta de um amplo envolvimento do governo com a sociedade. Nos últimos anos, o país tem assistido a uma intensificação da participação pública na questão ambiental, através de fóruns judiciais, ações civis públicas e populares, além de audiências públicas nas quais são discutidos os empreendimentos setoriais, como, por exemplo, a implantação de gasodutos ou oleodutos. Nos municípios, essa preocupação se reflete na elaboração de códigos de proteção ao meio ambiente e na criação de conselhos municipais para tratar de questões associadas ao setor mineral.

A retomada gradual da elaboração dos planos diretores de mineração em Belo Horizonte, Porto Alegre, Brasília, Recife e Curitiba, reiniciados em 2002 pelo DNPM em conjunto com a SMM/MME e o SGB/CPRM, traz novo alento ao ordenamento da atividade mineira nas regiões metropolitanas, além de estabelecer parâmetros de referência para cidades de porte médio. O estatuto das cidades, consolidado na Lei nº 10.257/2001, também se associa à busca de um novo paradigma para a mineração em áreas urbanas.

Em busca do desenvolvimento sustentável, o governo instituiu em 1990, através do decreto nº 99.540, o programa de Zoneamento Ecológico-Econômico –ZEE do território brasileiro, cujo objetivo é elaborar um diagnóstico integrado do meio físico, biótico e socioeconômico e fazer prognósticos para o desenvolvimento, a recuperação, a preservação e a proteção da região estudada. Quinze anos depois, apenas 40% do território brasileiro foi zoneado. Em dezembro de 2001, foi criado o Consórcio ZEE-Brasil, constituído por MMA, Ministério da Integração Nacional – MIN, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA, SGB/CPRM, Agência Nacional de Águas – ANA, IBGE, IBAMA e Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA, para executar o ZEE em escala nacional e apoiar os ZEE's Estaduais e em áreas de interesses específicas.

Instrumentos de gestão ambiental foram também desenvolvidos para proteger o patrimônio espeleológico (Foto 4). Inicialmente, eles foram materializados de forma indireta, através da proteção de mananciais hídricos ou da fauna, em ações de tombamentos e/ou criação de unidades de conservação. Mais tarde, o processo foi amadurecido com a criação de Áreas de Proteção Ambiental – APA, para as quais são exigidos estudos de zoneamento ecológico-econômico ou planos de manejo para uso turístico.



**Foto 4** – Caverna do Diabo, Eldorado Paulista, SP

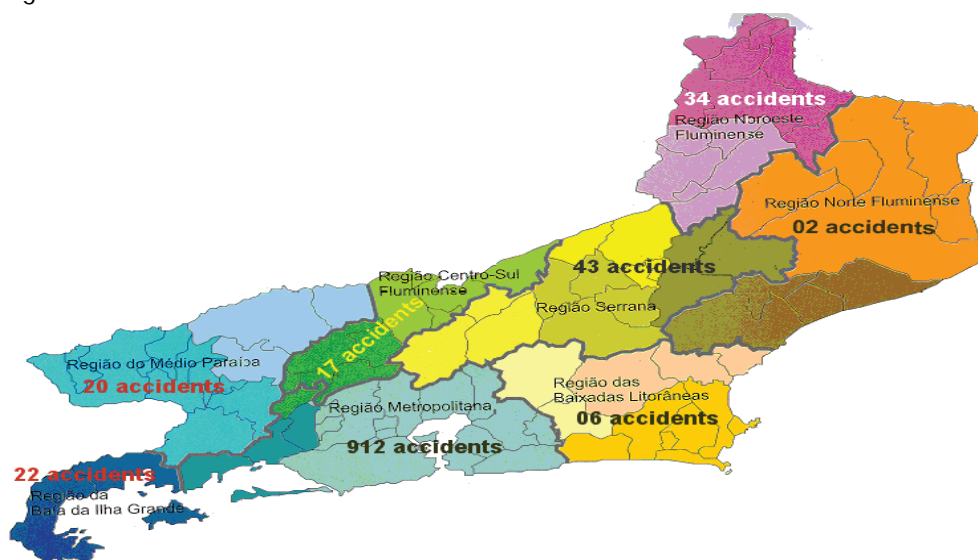
A legislação específica é contemplada pela Resolução do CONAMA nº 5 de 1987, que aprova o programa nacional de proteção a esse patrimônio; pela Constituição Brasileira de 1988, que reconhece as cavernas como bens da União (Art. 20 – X) e pelo Decreto nº 99.556 de 1990, que estabelece um programa nacional de proteção a cavidades naturais subterrâneas. Finalmente, em 1997, foi criado pelo IBAMA o Centro de Estudo Proteção e Manejo de Cavernas – CECAV, incumbido de conduzir a execução das políticas públicas.

#### **4. APLICAÇÕES DA GEOLOGIA AMBIENTAL NO BRASIL**

Os estudos geoambientais vêm se consolidando no país, com diferentes instituições gerando informações desde os anos 90. O mapeamento geoambiental tem crescido tanto em quantidade como em diversidade de enfoques e seu desenvolvimento metodológico vem se aprimorando com a produção de vários documentos de zoneamento. Muitos desses trabalhos passaram a usar as bacias hidrográficas como unidade de mapeamento com aplicação bastante abrangente nos estudos ambientais. A seguir, exemplos da atuação (segundo ABGE - Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2004) de algumas instituições envolvidas com o setor.

No SGB-CPRM, os estudos de geologia ambiental e territorial vêm sendo conduzidos há aproximadamente 15 anos, desde a implantação, em 1991, do programa de Informações para gestão territorial. Esta atividade foi responsável pelo desenvolvimento de novos conhecimentos, metodologias e inovações tecnológicas, enfatizando as múltiplas formas com que a geologia pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, a preservação da natureza e a qualidade de vida. Tem sido enfatizada a busca da harmonização da preservação ambiental com a inclusão social e o desenvolvimento econômico.

O SGB/CPRM tem disponibilizado seus recursos humanos, tecnológicos e operacionais para atender às demandas da sociedade brasileira relativas ao conhecimento do meio físico e à preservação ambiental, subsidiando e participando de projetos e estudos em parcerias com órgãos de planejamento federais, estaduais e municipais, entidades públicas e privadas, organizações não-governamentais e instituições acadêmicas. Com esse objetivo, a CPRM desenvolve a ação Geologia Ambiental desmembrada nas seguintes subações: Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e apoio técnico aos municípios e regiões metropolitanas; riscos relacionados a eventos geológicos e desastres naturais (Foto 5); mineração e meio ambiente/recuperação de áreas degradadas; geologia médica e geocoturismo.



**Foto 5** – Distribuição de escorregamentos por região no estado do Rio de Janeiro

A maioria dos projetos geoambientais produziu mapas temáticos nos quais destaca-se a localização de aterros sanitários, fontes de poluição; mapas hidrogeológicos; mapas morfológicos com localização de áreas de processos ativos, de riscos geológicos e de áreas inundáveis. Os mapas e seus cruzamentos seguiram, em linhas gerais, propostas metodológicas diferentes. Tais produtos são disponibilizados em forma analógica e digi-

tal e têm servido como subsídio para planos diretores municipais e metropolitanos das regiões estudadas.

A elaboração dos mapas geoambientais baseia-se na análise de imagens de satélite, fotografias aéreas, mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de vegetação, visando identificar áreas que dão uma mesma resposta ambiental à ação antrópica. Com base nessas características, são analisadas mais potencialidades e fragilidades e sugeridas as restrições de uso e ocupação de solo.

Recentemente, foi elaborado o Mapa Geodiversidade do Brasil, na escala de 1:2.500.000, tendo como base principal as informações armazenadas no Banco de Dados *Geobank*, as quais foram recuperadas e processadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Assim, as associações litológicas foram agrupadas sob o ponto de vista de suas propriedades e características geotécnicas. Nessas associações, denominadas unidades geológicas ambientais, foram analisadas as potencialidades e limitações quanto ao uso para fins minerais, água subterrânea, agricultura, execução de obras, comportamento frente à poluição e aspectos ambientais e turísticos.

A Universidade Federal de Viçosa – UFV tem desenvolvido projetos para a seleção de áreas adequadas à instalação de aterros sanitários, anéis rodoviários, aeroportos e para a avaliação de impactos ambientais causados por assoreamento de rios e contaminação de aquíferos. As principais aplicações dos estudos e trabalhos realizados estão voltadas para o apoio ao desenvolvimento de planos diretores de pequenas e médias cidades.

A Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP tem desenvolvido estudos ambientais em várias regiões dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Atualmente, os trabalhos têm buscado realizar diagnósticos geoambientais em bacias hidrográficas.

A Escola de Engenharia de São Carlos - EESC\USP vem desenvolvendo sistematicamente trabalhos que contemplam a execução de mapas básicos e cartas interpretativas de suscetibilidade, zoneamento e risco, incorporando o uso do geoprocessamento em boa parte dos seus trabalhos.

No Instituto Geológico de São Paulo – IG/SMA, para obtenção de unidades básicas de compartimentação, que consistem em células básicas para avaliações geotécnicas e geoambientais, a metodologia adotada considerou a compartimentação fisiográfica, a partir da análise de imagens de satélite, e a caracterização geoambiental, por meio de levantamentos de campo. O IG-SMA desenvolveu também metodologia para organizar e enquadrar os resultados de ensaios de laboratórios e de campo num banco de dados geotécnicos georreferenciados.

Na área de atuação da geologia costeira e marinha, a Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG vem desenvolvendo cartas batimétricas, modelos de elevação digital, mapas temáticos básicos e interpretativos (ambientais, físico-naturais, geoambientais) para planejamento urbano e regional em ambientes costeiros.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT de São Paulo utiliza a cartografia geotécnica e ambiental para subsidiar o desenvolvimento regional. As aplicações cartográficas mais comuns são avaliações de situações de risco geológico, escolha de áreas para expansão urbana, planejamentos para implantação de sistemas viários e saneamento básico, estudos para a construção de barragens e usinas hidrelétricas, criação de unidades de conservação, escolha de áreas para distrito industrial, planejamento de atividades minerárias, aproveitamento múltiplo e controle de bacias hidrográficas e estabelecimento de bases técnicas para legislação municipal, estadual e federal.

A linha de pesquisa e atuação adotada pela maioria das instituições mencionadas tem sido a aplicação de metodologias de geoprocessamento e de modelagem espacial de dados, utilizando Sistemas de Informação Geográfica – SIG's, sistemas de tratamento digital de imagens de sensores remotos e de bancos de dados. Esses sistemas possibilitam o tratamento e a análise de imagens de satélite, imagens de radar e de dados geofísicos. A integração de diferentes tipos e formatos de dados auxilia na tomada de decisão e na seleção de áreas para diversos fins.

O Ministério das Cidades normatizou procedimentos e tem disponibilizado recursos para implantar o plano municipal de redução de riscos, a fim de minimizar danos decorrentes de deslizamentos e inundações que possam causar acidentes fatais.

## **5. AVANÇOS TECNOLÓGICOS**

### **5.1 Sistemas de Informação Geográfica - SIG**

Metodologias de integração de dados do meio físico criadas por diferentes escolas têm sido rapidamente inseridas e incorporadas aos atuais métodos de captura, armazenamento, tratamento e integração de dados dos SIG.

Desde o final dos anos 80 até a sua consolidação e disseminação nos dias atuais, a revolução tecnológica no tratamento da informação e da cartografia se reflete nas diversas aplicações da tecnologia SIG na elaboração de estudos geoambientais realizados por empresas públicas, universidades e outras instituições. Essa revolução tecnológica está em contínuo movimento e evolução. A cada dia novos aplicativos e sistemas são desenvolvidos e disponibilizados. A disseminação do uso de Sistemas de Posicionamento Global - GPS é um exemplo marcante de como a sociedade rapidamente incorporou as facilidades e aplicações do sistema de georreferenciamento em atividades científicas, de segurança pública, comunicação e lazer.

O acesso democrático à informação em escala mundial, viabilizado pela Internet, possibilitou o atendimento de demandas de diversos setores da sociedade. Com as facilidades da *web*, as instituições passaram a disponibilizar dados, imagens e a publicar mapas, que podem ser recuperados e usados pela comunidade a custos muito baixos ou mesmo gratuitamente. No universo de dados ofertados na *web* destacam-se, entre ou-

tras, as imagens *Geocover* e *SRTM*, disponíveis para *download* no *site* da Nasa e de ampla utilização em estudos do meio físico.

Os SIGs evoluíram de forma marcante na última década, passando a incorporar em uma única plataforma funções variadas relacionadas com as diferentes etapas de tratamento digital de dados e da cartografia. Assim, os SIGs atuais possibilitaram a execução de tarefas que, no passado recente, exigiam diferentes *softwares* para a realização tanto de procedimentos básicos como para desenvolver modelagens mais complexas, tais como: entrada de dados vetoriais e *raster*; edição vetorial; análise e modelagem espacial de dados; tratamento de imagens; banco de dados e plotagem de mapas.

A integração dessas funções em uma plataforma única e de mais fácil assimilação por técnicos e especialistas que estudam o meio físico levou a uma ampliação expressiva do universo de usuários. A disseminação do uso dos SIGs nas diversas etapas dos estudos ambientais é uma realidade, deixando evidente que se trata de um caminho sem retorno, levando à ampliação e consolidação dos SIGs como ferramenta de apoio fundamental para todos os geocientistas.

## 5.2 Bancos de dados

Intrinsecamente relacionados aos SIGs, os bancos de dados espacialmente referenciados permitem armazenar grande volume de informações sobre objetos e entidades gráficas, como pontos, linhas e polígonos. Bases de dados cadastrais relacionadas a processos dinâmicos, como erosões e movimentos de massa e de áreas sujeitas a inundações, possibilitam, juntamente com outros dados temáticos do meio físico, aplicar metodologias de modelagem espacial de dados em ambiente SIG, para a elaboração de cenários de previsão de riscos e desastres naturais.

Os bancos de dados ambientais vêm disponibilizando mais informações aos pesquisadores. Os interessados em licenciamento ambiental, dados compartilhados da região amazônica, zoneamento ecológico-econômico da caatinga, rio São Francisco, gerenciamento costeiro, educação ambiental, informações ambientais do Mercosul ou cadastro de unidades de conservação podem acessar o *site* [www.mma.gov/sinima](http://www.mma.gov/sinima).

## 5.3 Sistema de Cadastro de Desastres Naturais - SCDN

O SGB desenvolveu em 2000, como parte integrante do Projeto Rio de Janeiro, o programa de entrada de dados *MovMassa*, para cadastramento e disponibilização na *web* de dados referentes a escorregamentos. A partir de 2004, o aplicativo foi totalmente modificado e integrado ao programa de Cadastramento de Ocorrências de Inundações – COI. A integração dos aplicativos deu origem ao Sistema de Cadastramento de Desastres Naturais – SCDN. Este sistema está em fase final de desenvolvimento e será disponibilizado gratuitamente para os municípios interessados. Nele estão contidos diversos campos descritivos sobre os eventos de escorregamentos e inundações, permitindo o

cadastro em banco de dados, pesquisa, recuperação, alteração e exportação dos dados, além do armazenamento e visualização de mapas e imagens. O sistema possibilita a extração de relatórios, inclusive no padrão do AVADAN (avaliação de danos) da Defesa Civil.

Foi assinado um acordo de cooperação entre o MMA e o SBG/CPRM que vai permitir que as informações da CPRM sobre o solo do país sejam incluídas no Sinima. Um memorando de entendimento com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente também foi formalizado para a realização de avaliações ambientais.

#### **5.4 Métodos geofísicos e geoquímicos**

Além dos dados tradicionais para caracterizar o meio-físico, observa-se atualmente a ampliação do uso de dados geofísicos e geoquímicos. Assim, os métodos geofísicos assumem importante papel nos estudos geoambientais, pois apresentam alto potencial de resposta na identificação das variáveis relacionadas a esses estudos.

Estudos geofísicos, como os métodos elétrico e eletromagnético, têm sido utilizados na determinação da condutividade elétrica subterrânea em profundidades de até 30m, visando localizar e caracterizar plumas poluidoras geradas por depósitos de lixo, capazes de contaminar tanto o solo quanto as águas subterrâneas.

Embora apresente limitações de profundidade (até 60/70m), o uso, em estudos ambientais, do Radar de Penetração do Solo - GPR tem evoluído de forma marcante. Contudo, o escopo de utilização do método ainda deve ser testado e ampliado. De forma semelhante, os métodos de prospecção gamaespectrométricos devem ser testados e ampliados em estudos aplicados tanto na área ambiental como nos estudos para ordenamento territorial.

A grande contribuição da geoquímica para a geologia ambiental, especialmente para a geologia médica, está na utilização do levantamento geoquímico multielementar. De acordo com esta metodologia, são coletadas amostras de sedimentos ativos de corrente, água e solos, posteriormente analisadas por espectrometria de massa com fonte geradora de plasma (ICP-MS), que avalia simultaneamente mais de 70 elementos químicos, proporcionando grande sensibilidade e precisão em baixos limites de detecção (partes por bilhão).

### **6. PRINCIPAIS DIFICULDADES**

A sociedade ainda não está sensibilizada para considerar as características do meio físico no processo de uso e ocupação. A maioria dos planejadores ou administradores não levam em conta a necessidade de informações orientadoras, preventivas e integradas que auxiliam nas ações de planejamento das várias formas de uso e ocupação.

Nas equipes dos órgãos governamentais de planejamento territorial (federais, estaduais e municipais), geralmente são poucos os profissionais ligados às Ciências da Terra. Por isso algumas destas equipes têm dificuldades de entender informações em linguagem técnica e projetos com resultados apresentados em cartas temáticas. Por outro lado, os técnicos têm dificuldades de elaborar produtos com conteúdo de fácil entendimento para usuários. Os trabalhos teóricos desvinculados da aplicação direta e prática nos instrumentos de gestão ambiental são uma outra questão.

Este cenário indica a necessidade de se estabelecer canais diretos entre a sociedade, os gestores públicos e os cientistas, de modo que os produtos resultantes de estudos ambientais sejam amplamente disponibilizados, consultados e compreendidos e possam se constituir em fonte de consulta e apoio na tomada de decisões. Também é recomendável capacitar os integrantes das equipes dos órgãos de governo, pois a capacitação ajuda a superar dificuldades de entendimento de informações em linguagem técnica.

Os *softwares* de sensoriamento remoto - SR requerem maior conhecimento de informática para sua operação, sendo essa uma das grandes limitações para profissionais que não dominam os ambientes computacionais. Portanto, mais uma vez, a capacitação de pessoal se faz necessária.

### **6.1 Desafios da legislação**

A maioria dos autores considera a legislação ambiental brasileira extensa e avançada, mas, por outro lado, ela também é vista como conflitante, já que existem dificuldades na sua aplicação. Neste cenário, é preciso levar em consideração os seguintes fatores:

- A legislação ambiental é relativamente recente e, em muitos casos, conflita com a legislação mineral, que data de 1967, pois estabelece prazos incompatíveis com a legislação mineral.
- É preciso estruturar melhor os órgãos federais envolvidos no licenciamento e na fiscalização, agregando maior número de profissionais especializados em meio ambiente. Os principais órgãos federais envolvidos nessas atividades, DNPM e IBAMA, têm suas sedes em Brasília relativamente bem aparelhadas e contam com um número razoável de pessoal qualificado, o que não acontece nas suas representações estaduais.
- Salvo raras exceções, os órgãos estaduais responsáveis pelo licenciamento e fiscalização de empreendimentos minerais não dispõem de estrutura adequada e nem de profissionais qualificados. Essa situação é agravada quando ocorre aumento de solicitações de licenças e fiscalizações.
- Em muitos estados e prefeituras, existe mais de um órgão licenciador e normas conflitantes entre si, acarretando atrasos e prejuízos aos empreendedores.



- O Ministério Público (MP) vem aumentando sua atuação na área ambiental. Em alguns estados, o MP criou um corpo de assessores técnicos cujos pareceres conflitam com aqueles emitidos pelos órgãos de meio ambiente. O grande minerador que dispõe de corpo técnico e de recursos financeiros tem mais condições de administrar esses conflitos. Já o pequeno minerador, na maioria dos casos, acaba descumprindo a lei.

## 7. PERSPECTIVAS NO BRASIL

Com base no *Relatório Perspectivas do Meio Ambiente para o Brasil: Geo-Brasil (2002)*, estão previstas para os próximos 10 anos as seguintes atividades de Geologia Ambiental no Brasil:

- A implementação do Consórcio ZEE-Brasil agilizará a obtenção de informações básicas sobre recursos minerais, hídricos, paleontológicos e espeleológicos, que permitirão avaliar a degradação do subsolo e sua potencialidade em face dos vários tipos de uso. Ao mesmo tempo, disponibilizará um instrumento que poderá orientar a ocupação ordenada do território brasileiro.
- Com a perspectiva de ampliação do conhecimento básico do subsolo, o setor mineral brasileiro poderá ocupar um lugar importante no mercado mundial de insumos básicos. A tendência de maior controle ambiental nos processos de extração, transformação, refino e distribuição contribuirá, nas próximas décadas, para o bem-estar da sociedade.
- O programa de planos diretores de mineração, que busca o ordenamento do uso do subsolo em regiões metropolitanas, tem se mostrado insuficiente por falta de perenidade na execução. A implementação desse programa será muito útil para minorar a irregularidade, disciplinar a atuação de micro, pequenas e médias empresas de mineração, além de melhorar a qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras.
- Atrativos de natureza geológica, como cavernas, sítios paleontológicos, *canyons*, cachoeiras, modelado geológico/geomorfológico com elevado potencial para o ecoturismo, têm sido objeto de atenção por parte do poder público, através de legislação ambiental apropriada e também pela maior participação da sociedade na sua preservação. A implementação de grandes linhas institucionais de ação focadas na proteção desses patrimônios geológicos resultará em expressivo ganho para a sociedade brasileira.
- Algumas empresas nacionais operam com altíssimos padrões tecnológicos e respeito às normas ambientais (ISO 14001), utilizando as chamadas tecnologias limpas. Acredita-se que, dentro de algum tempo, haverá uma expressiva adesão de outras empresas do setor mineral ao cumprimento destas normas.

- O Projeto Mineração, Minerais e Desenvolvimento Sustentável, desenvolvido no Brasil sob a coordenação do CETEM, contém orientações para a participação da sociedade civil no planejamento das atividades minerárias e no destino final da área trabalhada. Na maioria dos países, o setor mineral tem demonstrado interesse em equacionar as questões ambientais.
- O Brasil tem participado da conferência anual dos ministérios de minas das américas, que procura estabelecer princípios, ações e recomendações na busca da sustentabilidade da mineração no continente americano.
- Os processos de degradação do subsolo brasileiro regrediram lentamente entre 1972 e 1992 e, em maior velocidade, no período de 1992 a 2002. Isto tem ocorrido devido à implementação da legislação ambiental, da atuação orientadora do governo, de organizações não-governamentais, da mídia e principalmente pela conscientização da população. As perspectivas são animadoras em relação ao uso sustentável do subsolo brasileiro.
- Os países desenvolvidos têm investido em políticas e processos de tecnologia da informação e comunicação, para obter a interação dos diversos sistemas e instâncias dos governos. Como o tema ambiental envolve informações geradas por diferentes órgãos públicos, a tendência é ampliar a interoperabilidade entre os órgãos governamentais. O governo brasileiro vem desenvolvendo a arquitetura e-Ping – Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico para estabelecer políticas e especificações técnicas sobre as trocas de informações eletrônicas de interesse da sociedade.
- É promissor, por parte dos órgãos governamentais, o uso intensivo das ferramentas SIG, banco de dados, sistemas de cadastramentos de desastres naturais e o uso de modelagem para prevenir acidentes relacionados a deslizamento e inundações, bem como desertificação. Os sensores remotos, métodos geofísicos e geoquímicos serão cada vez mais aperfeiçoados e contribuirão para melhor definir as questões relacionadas ao meio ambiente e saúde.

## 8. AGENDA DE PRIORIDADES – BRASIL 2015<sup>1</sup>

- Efetuar levantamentos da geodiversidade em províncias e distritos mineiros (rochas, minerais, relevo, águas superficiais e subterrâneas, atrativos turísticos e as características dos solos) apontando suas fragilidades e potencialidades, visando à espacialização e disponibilização dos bens minerais, (denominadas *Áreas de Relevante Interesse Mineral*), e a ocupação do território de forma ordenada. Desenvolver tecnologias para execução destas atividades em escalas 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000. A informa-

---

<sup>1</sup> As ações prioritárias a seguir sugeridas visam contribuir para o desenvolvimento da Geologia Ambiental no Brasil, baseiam-se no estado da arte do tema apresentado no texto-base elaborado pela equipe de pesquisadores do SGB/CPRM e nas discussões com a comunidade mineral, empresarial e geocientífica, durante a execução do painel e contribuições enviadas à coordenação do Projeto Setor Mineral Tendências Tecnológicas.

ção da geodiversidade deve ser dirigida para atender ao universo de usuários da forma mais ampla possível. Os produtos gerados devem ser disponibilizados em mídias e formatos variados, abrangendo desde os mais sofisticados, tais como publicação de mapas na *web* e SIGs, até os tradicionais mapas e relatórios técnicos no formato analógico.

- Elaborar em conjunto com o DNPM, órgãos estaduais e municipais, Planos Diretores de Mineração em regiões metropolitanas e aglomerados urbanos incluindo o levantamento das atividades mineiras atuais, principalmente dos materiais para a construção civil, com a localização e delimitação das áreas para exploração futura, utilizando geotecnologias, tais como: cartografia digital, sensores remotos, sistema de informação geográfica – SIGs e banco de dados, levantamentos geofísicos e geoquímicos. Estas informações serão disponibilizadas aos órgãos gestores e usuários visando a tomada de decisões e monitoramento quanto ao uso adequado do território.
- Atuar em conjunto com o Ministério das Cidades e municípios na prevenção de desastres naturais e induzidos realizando o levantamento de áreas de risco geológico, para a elaboração dos Planos Municipais de Redução de Riscos em Assentamentos Precários, com apoio de metodologias de mapeamento, cartografia e modelagem espacial de dados (cartografia digital, SIGs, sensores remotos, Sistema de Cadastro de Desastres Naturais – SCDN), para identificação e delimitação de áreas potenciais de movimentos de massa e inundações. Propor sistemas de alertas a deslizamento e enchentes.
- Definir os valores de *background* e de referência para a saúde pública, em solos, água e sedimento de corrente para os elementos que constituem os micro e macronutrientes necessários à vida humana. A utilização dos conceitos e métodos empregados pela geologia médica para diagnosticar determinadas doenças de origem relacionadas ao meio ambiente é relativamente nova no Brasil. Os valores de *background* e de referência tóxica ou carência de ingestão, através da disponibilidade de elementos essenciais na água e da dieta alimentar, existem somente para alguns elementos. A proposta é definir os valores dos macronutrientes (Ca, Cl, P, K, Na, S) e micronutrientes (Mg, Si, Fe, F, Zn, Mn, Sn, I, Se, Ni, Mo, V, Cr, Co) que possam apresentar riscos à saúde pública.
- Elaborar o cadastramento de todo o patrimônio geológico mineiro tendo em vista a conservação de geoparques, sítios paleontológicos, cavernas, antigas minas, registros geológicos da evolução do planeta Terra, áreas de beleza cênica, utilizando o Sistema de Informações Geográficas-SIG associado a banco de dados, com localização, descrição, fotos e propostas de utilização econômica e preservação e conservação do bem natural.
- Ampliar a utilização de dados geoquímicos e de levantamentos aerogeofísicos em mapeamentos geoambientais, tanto em escala regional como nos trabalhos em escalas de detalhe relacionados aos riscos geológicos.

- Ampliar o número de técnicos atuantes na área de planejamento territorial e promover a capacitação das instituições envolvidas em estudos ambientais. Considerar a inclusão em seus quadros, de geólogos de engenharia e geotecnia para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias voltadas para a redução de resíduos provenientes da exploração mineral.
- Recomenda-se a participação das instituições e geocientistas brasileiros no Ano Internacional do Planeta Terra, de modo a trocar informações sobre o desenvolvimento sustentável e a aplicar seu conhecimento em benefício da população do Brasil e do mundo.
- Além de atender à comunidade científica, as instituições de governo devem elaborar produtos direcionados tanto para técnicos de nível médio como para crianças e camadas menos instruídas da população brasileira. É indispensável a elaboração de materiais educativos organizados sob a forma de cartilhas e cartazes, com linguagem simples e acessível, voltada para a educação ambiental.
- Considerar nos estudos geoambientais as contribuições da geografia para auxiliar na definição de ameaças e oportunidades em uma determinada área de estudo. Inserir, também, sempre que possível, a biodiversidade e a socioeconomia.
- Dentre as diversas aplicações de modelos numéricos de terreno, está incluída a derivação de produtos de ampla utilização em procedimentos de modelagem espacial de dados, tais como mapas de declividade, orientação de vertentes e curvatura de encostas. A aplicação de modelos digitais de terrenos pode também subsidiar, de forma objetiva, estudos ambientais relacionados com a locação de empreendimentos mineiros, como pedreiras em áreas urbanas, afim de reduzir o impacto visual, proporcionando posicionamento mais adequado da frente de lavra.
- Elaborar mapas de disponibilidade mineral derivados de mapas geológicos considerando as fragilidades e potencialidades do meio físico, as restrições legais, a infraestrutura e os direitos minerários, para viabilizar o empreendimento mineiro.
- Propor áreas de relevante interesse, pensando no setor de uma maneira integrada, com raciocínio holístico, atemporal e sistêmico. Dessa forma, a sociedade poderá decidir, baseada no Ordenamento Territorial, as áreas de maior relevância.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A produção das 1.553 minas no Brasil (1999), *Minérios & Minerales*, São Paulo, v. 18, n. 240, p. 16-20, jul, XI Universo da Mineração Brasileira.
- Barreto, M. L. (2001), *Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil*, Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 215 p.
- Chaves, A. P. (2000), *Aspectos do fechamento de minas no Brasil*, In: Villas Bôas, R. C.; Barreto, M. L. (2000), *Cierre de minas: experiencia en Iberoamerica*, Rio de Janeiro, Cytel/IMAAC.

- CPRM - Serviço Geológico do Brasil (2002), *Relatório perspectivas do meio ambiente para o Brasil GEO-BRASIL - 2002: uso do subsolo*, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Brasília.
- Dias, E. G. C. S. (2001), *Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento*, Tese (Doutorado em Engenharia Mineral), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Farias, C. E. G. (2006) *Mineração e meio ambiente no Brasil: relatório preparado para o CGEE-PNUD*, Contrato 2002/001604. [S.l.:s.n.], Disponível em: [www.cgge.org.br/arquivos/estudo011\\_02.pdf](http://www.cgge.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf) >. acesso em: 31 out.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1992), *Curso de geologia de engenharia aplicada a problemas ambientais*, São Paulo, v. 3.
- Machado, I. F. (1995), *O meio ambiente e a mineração*, In: Barboza, F. L. M.; Gurmendi, A. C. (Coord.), *Economia mineral do Brasil*, Brasília, DNPM.
- Oliveira, A. M.S.; Brito, S.N.A. (1998), *Geologia de Engenharia*, São Paulo, ABGE.
- Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico – e- PING: documento de referência versão 1.5 de 16 de dezembro de 2005*. [S.l.]: Governo Brasileiro – Comitê Executivo de Governo Eletrônico, 2005. Disponível em: <[http://www.governoeletronico.gov.br/governoeletronico/publicacao/down\\_anexo.wsp?tmp.arquivo=E15\\_677e-PING%20v1.5%2016%2012%2020051.pdf](http://www.governoeletronico.gov.br/governoeletronico/publicacao/down_anexo.wsp?tmp.arquivo=E15_677e-PING%20v1.5%2016%2012%2020051.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2006.
- Pejon, O. J.; Zuquette, L.V. (2004), *Cartografia geotécnica e geoambiental: conhecimento do meio físico, base para a sustentabilidade*, São Carlos, Suprema Gráfica Editores, 582p.
- Produção mineral (exceto petróleo) cresceu 4,24% em 1998, (1999) *Minérios & Minerales*, São Paulo, v.18, n. 240, p. 6-17, jul. 1999. XI Universo da Mineração Brasileira.
- Relatório Perspectivas do Meio Ambiente para o Brasil (2002)*, Geo-Brasil.
- Sacamoto, L. *Triste herança*. [S.l.]: Publicações Brasileiras, 2001, disponível em: [www.200.231.246.32/sesc/revista/pb](http://www.200.231.246.32/sesc/revista/pb), acesso em 31 out. 2006.
- SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5., 2004, São Carlos. [Trabalhos apresentados]. São Carlos: ABGE, 2004.
- Souza, M. G. *Fechamento de mina: aspectos legais*. [S.l.: s.n.], 2002. Disponível em: [www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=31&typ=1](http://www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=31&typ=1) >, acesso em 31 out. 2006.
- Vedovello, R. (2004), Aplicações da cartografia geoambiental, *Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental*, São Carlos, ABGE.
- Villas Bôas, R. C.; Barreto, M. L. (2000), *Cierre de minas: experiência em Iberoamerica*, Rio de Janeiro, Cytel/IMAAC.
- Wagner, A. et al. (2002), A eleição presidencial e a mineração, *Jornal Gazeta Mercantil*, São Paulo, p. A3, 20 set.