

## **ANÁLISE QUALITATIVA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA MINERAÇÃO: MITO E REALIDADE**

Prof. *Adilson Curi*

Escola de Minas da UFOP - [Curi@degeo.ufop.br](mailto:Curi@degeo.ufop.br)

---

### **RESUMO**

No meio mineral é comum ouvirmos comentários de que os trabalhos de mineração estão sempre limitados a uma área muito pequena e que esta atividade se constitui em um uso temporário do terreno o que reduziria seu impacto ambiental. Indiretamente e despretensiosamente, estas afirmações procuram fazer uma análise qualitativa da sustentabilidade ambiental da mineração. Neste artigo analisamos estas e outras afirmações rotineiramente citadas no meio mineral para testar sua validade e apresentamos algumas propostas para a proteção ambiental de áreas ameaçadas pela mineração.

Palavras chave : Sustentabilidade, Mineração, Meio ambiente

### **INTRODUÇÃO**

Nos países desenvolvidos já se observa um movimento crescente de aproximação entre os ambientalistas e os mineradores. Existem certas preocupações e desafios que obrigam tais profissionais a atuarem em conjunto. No esforço para proteger as unidades de conservação e as áreas protegidas em geral têm ocorrido intercâmbios diversos entre as partes – algumas vezes de cooperação, outras de conflito.

Por que conflito? – Alguns projetos de mineração afetam a integridade de certas regiões naturais que podem perder até 100 hectares (240 acres) a cada hora (EMCBC,1998). Há risco de perda do habitat de milhares de espécies de plantas e animais e dos

ecossistemas onde vivem. Nas últimas décadas a sociedade vem, gradativamente, aumentando sua preocupação com o legado ambiental deixado pela mineração. O preço que estamos pagando pelo uso diário dos recursos minerais não seria, algumas vezes, muito alto?. Mudanças na legislação, tecnologia e atitude em relação à mineração têm contribuído para uma melhoria das práticas de mineração nos anos mais recentes, mas, ainda persistem, muitas políticas e procedimentos que requerem mais atenção e ação por parte dos ambientalistas e da comunidade em geral.

Neste artigo, são discutidos alguns dos assuntos e preocupações, particularmente considerando a perspectiva da proteção da biodiversidade.

Ressaltam-se os aspectos referentes à mineração e seus conflitos ambientais, levantando-se questões sobre que decisões adotar no futuro.

Salvando-se habitats suficientemente amplos e representativos seremos capazes de salvar espécies endógenas incluindo toda a diversidade dos ecossistemas. No trato do uso da terra e da proteção ecológica na área de influência de uma mineração, existem uma série de pressupostos ou alegações que já podem ser consideradas, nessa altura, como “ lugar comum” desde que são sempre repetidas pelos engenheiros de mina, geólogos e profissionais da área de mineração, bem como advogados e defensores da mineração. Necessariamente, qualquer um que esteja engajado neste assunto já deve ter ouvido falar desses pressupostos e neste artigo questionamos a validade de tais assertivas. Na seqüência se procede à discussão de algumas dessas alegações às quais denominamos **MITOS** e procuraremos descrever como a sua aceitação pode comprometer a proteção do meio ambiente e da biodiversidade.

## **DISCUSSÃO**

### **O que é mito e o que é realidade em termos de mineração e meio ambiente?**

Mito 1 : “ Os impactos relacionados à mineração são limitados a uma área muito pequena”

Os mineradores e seus defensores sempre relacionam área minerada, relativamente pequena, aos impactos ambientais gerados. Neste caso, os impactos estariam restritos à área minerada. E, em termos da superfície diretamente afetada, este argumento pode ser convincente. Afinal, que representa a área afetada por uma pequena pedreira em relação a uma criação extensiva de animais ou uma plantação de soja que pode ocupar milhares de hectares. Entretanto, a mina, propriamente, é somente um ponto de referencia em uma ampla gama de atividades que ocorrem antes, durante e após a lavra. A mina pode se transformar no centro geográfico de uma ampla rede de rotas de transporte (estradas, ferrovias, hidrovias, minerodutos), redes de infra-estrutura energética (barragens, linhas de alta tensão), além logicamente, dos barramentos de rejeito, pilhas de estéril e plantas de beneficiamento mineral.

Mito 2: “A mineração é um uso temporário do terreno”

Muitas minas são projetadas para uma vida útil de apenas algumas décadas ou mesmo alguns anos. Para os menos avisados, somente este fato já pode significar que os impactos terão curta duração. Por que fazer uma grande confusão e alertas sobre uma mina que será reabilitada praticamente antes que alguém saiba que ela existiu?

Apesar de, em muitos casos, a mineração se constituir em um uso temporário do terreno, este fato não é a regra geral. Os impactos deixados pelas atividades de mineração irresponsáveis podem persistir em muitos casos.

Apesar da mineração ser uma ocupação superficial temporária na área, ela causa um impacto ambiental importante associado à movimentação do solo superficial, estradas de acesso, superfícies sem vegetação, rejeitos e pilhas de estocagem. A qualidade e a quantidade de água tanto superficial quanto subterrânea é afetada se medidas mitigadoras não forem praticadas. Os cursos de água podem ser afetados e a vazão dos mesmos alterada. A erosão pode ser excessiva e a água superficial e subterrânea pode atingir níveis de mineralização indesejáveis. A topografia, drenagem, vegetação e paisagem do local minerado podem ser seriamente impactados. A inclinação das pilhas de estocagem do material estéril pode tornar a topografia inadequada para uma utilização futura do local (Williams, D.J. et al, 1997). Os impactos da mineração incluem também a degradação da paisagem, destruição de terras agriculturáveis e de floresta e degradação de terrenos utilizáveis para recreação.

Provavelmente, os impactos mais graves e mais duradouros originados pela mineração sejam:

- (a) destruição do habitat natural das espécies em função da implantação de toda a infra-estrutura da mina ( escritórios, oficinas, barramentos de rejeito, estradas, etc.);
- (b) os efeitos da drenagem ácida de mina na qualidade da água e na vida silvestre, incluindo os peixes;
- (c) os grandes acidentes como o rompimento de barramentos de rejeitos ou pilhas de estéril que podem acontecer, inclusive, após o abandono do empreendimento.

Mito 3: “A pequena mineração provoca pouco impacto ambiental porque está limitada a uma pequena área e não conta com infra-estrutura de apoio”

Em função da área afetada pouco significativa e praticamente da ausência de infra-estrutura de apoio a pequena mineração reforçaria os argumentos do Mito 1. Entretanto, a presença de certas particularidades, como o uso de mercúrio, sem os devidos cuidados, para a recuperação do ouro nos garimpos da Amazônia, pode provocar impactos ambientais permanentes.

Mito 4: “A grande mineração provoca pouco impacto ambiental porque está certificada e atende a legislação”

Embora certificada segundo os padrões ambientais internacionalmente aceitos a grande mineração pode estar contribuindo para o aumento dos impactos ambientais gerados, principalmente, pelos seus fornecedores. É difícil controlar as atividades de terceiros que prestam serviço às grandes empresas e que não respeitam as normas ambientais estabelecidas. Além disso, a grande mineração provoca alterações no quadro social regional, alterando a ocupação do espaço físico e a movimentação das populações.

Mito 5 : “A lavra subterrânea provoca menos impacto que a lavra a céu aberto”

Em termos dos aspectos paisagísticos esta afirmação pode ser verdadeira, em função de que as áreas mineradas encontram-se no subsolo. Entretanto, a maior parte da infra-estrutura de apoio e também as unidades de beneficiamento de minérios estão na superfície. Além disso, as águas contaminadas no subsolo podem atingir a superfície.

Mito 6 : “O impacto geral no ambiente produzido por conjunto de minas ou pedreiras como um todo é a soma dos impactos de cada pedreira ou mina em particular”

Um grupo de minas ou pedreiras incorpora um grande número de minas com as mesmas características, ou seja, (mesmo tipo de material, métodos de lavra similares e competição no mesmo mercado), e com concentrações acima de 1 unidades de produção por km<sup>2</sup> em certas áreas, apesar dos limites não serem, geralmente, definidos com precisão.

Parece evidente que o impacto geral no ambiente produzido pelo conjunto de pedreiras como um todo não é meramente a soma dos impactos de cada pedreira em particular considerada como uma unidade isolada, mas tal impacto pode ser calculado considerando os seguintes aspectos (*Ciccu et al. 1998*):

- somente algumas das pedreiras e infra-estrutura relacionadas são visíveis a partir dos corredores visuais principais do terreno;
- as áreas expostas das faces das pilhas e das cavas decrescem com a distância do observador;
- Distúrbios como ruídos, poeira e vibração sonora são gradualmente atenuados quando aumenta a distância em relação à fonte emissora;
- flora e fauna são afetados somente em uma área limitada às redondezas de cada mina de tal modo que nenhum efeito de superposição será observado se a distância entre as minas for suficientemente grande;
- os aspectos positivos do ponto de vista social, econômico e cultural podem, entretanto, beneficiar a comunidade circunvizinha em uma área que exceda os limites do conjunto de pedreiras.

## **PROPOSTAS PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS AMEAÇADAS PELA MINERAÇÃO**

O conjunto de preocupações identificadas neste artigo aborda um conjunto complexo de problemas para todos os envolvidos. Algumas medidas para evitar conflitos futuros são comentadas a seguir – algumas técnicas, algumas legais e outras políticas. Abaixo são listados princípios e prioridades baseadas na experiência de grupos que têm trabalhado a favor e contra os interesses da indústria mineral (EMCBC,1998). Estes princípios são apresentados como diretrizes gerais que possibilitem uma melhor defesa das áreas de proteção ambiental frente aos interesses da indústria mineral. Aos defensores das atividades de mineração cabe contestar estes princípios em função de seus interesses e objetivos.

Princípio 1 – A indústria mineral deve ser proibida em áreas de proteção ambiental

O objetivo final, confesso, para os defensores da meio ambiente, principalmente ambientalistas, é a não permissão da mineração nas áreas protegidas. Os outros princípios são usados como apêndices para ajudá-los a alcançar seu primeiro princípio. Segundo estes a exploração e exploração mineral devem ser proibidas em áreas protegidas existentes ou futuras. Particularmente, a mineração deve ser excluída de áreas de interesse ecológico especiais tais como, reservas ecológicas, estações ecológicas e outros tipos de áreas protegidas com valor ambiental destacado onde os objetivos de conservação não sejam compatíveis com a atividade de mineração. A atividade mineradora deverá ser excluída também de áreas onde seja crítica a questão dos habitats para a vida selvagem, especialmente considerando a ocorrência de espécies raras ou sob perigo de extinção e as áreas necessárias para a sua procriação.

**Princípio 2 – Proteção Provisória / Medidas para proteção de áreas candidatas**

Os governos devem considerar a possibilidade de aplicação de uma proteção provisória para áreas que estejam em processo de candidatura à áreas de proteção ambiental. Nas áreas não protegidas formalmente os danos aos valores naturais podem ser grandes devido às atividades de mineração. A proteção provisória assegurará que os interesses de terceiros não tenham precedência sobre o interesse público resultando na necessidade de medidas de compensação a posteriori. As técnicas aplicáveis devem incluir o mapeamento da área, diretrizes de gerenciamento ambiental provisório e restrições legais que proíbam as atividades de pesquisa, desenvolvimento e lavra de recursos minerais nas áreas críticas identificadas.

**Princípio 3 – As avaliações das áreas candidatas devem considerar os valores naturais**

Os governos devem ser estimulados a destinar maiores recursos, inclusive financeiros, para a avaliação e quantificação do valor do meio natural e da vida silvestre ao invés de destinar a maior parte dos recursos para valorar o recurso mineral.

Deve-se questionar a tendência estabelecida de enfatizar o valor do recurso mineral em detrimento do valor ambiental da área protegida.

**Princípio 4 – Os estudos de impacto ambiental na mineração devem ser efetuados com mais agilidade e eficiência**

Em função da urgência em definir-se as áreas de proteção ambiental o melhor cenário, para os ambientalistas, seria a definição rápida das áreas de proteção evitando-se anos de estudo para melhor definir o potencial mineral das mesmas. Entretanto, as políticas governamentais dependem da avaliação das reservas minerais nas áreas de proteção ambiental. Se o governo insiste em inventariar toda



a informação sobre os recursos minerais, os ambientalistas devem contrapor-se ao governo considerando os seguintes argumentos:

- que os estudos financiados pelos governos contemplem a viabilização de projetos que não removam os habitats naturais e não disturbem a vida silvestre alterando as características do meio físico ou envolvendo a introdução de substâncias tóxicas;
- se o potencial mineral for avaliado como moderado a alto, os trabalhos poderão ser iniciados pelo governo ou indústria contanto que contemplem o item acima;
- se o governo permitir os trabalhos exploratórios em uma área de preservação potencial ou candidata e tais trabalhos forem cancelados em função da ocorrência de valores culturais ou biológicos destacados, a companhia não deverá ser compensada pela perda da jazida mineral. De antemão, a companhia já seria informada do risco de se pesquisar em uma área de preservação potencial. O governo poderia compensar a companhia pelas despesas com os trabalhos de exploração mineral, unicamente;
- se a área é de alto potencial mineral e está localizada na periferia da área de proteção potencial, deve ser dado um tempo limitado para que a companhia tenha acesso à área do recurso mineral, com exceção dos casos onde a área seja crítica em termos das metas de proteção ecológica, em termos de manutenção da integridade ecológica e dos processos naturais, e/ou da sustentabilidade das populações silvestres. No caso da ocorrência de uma área com alto potencial mineral as considerações do princípio 5 devem ser adotadas. Em caso contrário, o governo deverá ser conclamado a assumir a área como área protegida. Alguns desses pontos poderão ser atacados pela indústria como sendo ingênuos. Entretanto, raramente uma empresa mineira torna público os resultados de suas campanhas de sondagem. Poucas empresas se arriscam a investir mais em pesquisa mineral

antes que possuam a concessão de lavra de uma área. Isto também não seria irracional?

De qualquer modo, deve-se ter consciência que estas áreas são especiais e requerem legislação específica que deve ser respeitada pelo governo e pela indústria.

Princípio 5 – Assegura que as áreas de alto potencial mineral não sejam imediatamente excluídas como áreas de preservação

Os estudos de avaliação de recursos minerais podem identificar áreas de alto potencial mineral dentro de áreas candidatas à proteção ambiental. Isto poderá induzir as autoridades governamentais e a indústria a não considerar estas áreas para efeito de proteção ambiental em função de seu alto conteúdo mineral. Os ambientalistas devem se contrapor a tais assertivas, promovendo as seguintes ações:

- antes de remover as área de alto potencial mineral como áreas candidatas deve ser feita uma revisão do potencial mineral no contexto regional para determinar-se se há depósitos minerais similares nas adjacências que possam ser minerados sem comprometer a área a ser protegida;
- se a área de alto potencial mineral estiver localizada na periferia da área candidata, pode-se fazer um zoneamento da área maior considerando-se que se adicione ao projeto de preservação original uma área com valor ecológico equivalente. Uma revisão dos impactos acumulados a partir desse novo cenário deverá ser efetuada;
- se a área de alto potencial mineral estiver localizada no centro da área candidata o governo deve ser pressionado para resguardar a área e preservá-la diante dos interesses da mineração. Muito importante em tal cenário é o questionamento da viabilidade da mineração nas cercanias de uma área de proteção em particular.

Princípio 6 - Os padrões da atividade mineral deverão ser revistos

Em área candidatas à proteção ambiental onde haja (a) alto potencial mineral, ou (b) direitos minerários preexistentes e (c) importância ambiental destacada, qualquer decisão do governo que permita a pesquisa mineral deverá ser acompanhada por audiências públicas que reforcem as metodologias de mineração para que se assegure a integridade da área a ser protegida. Os governos devem ser pressionados para desenvolver padrões de conservação para as áreas mais sensíveis, áreas silvestres e outras áreas e águas com alta biodiversidade e valor social não importando se estas áreas sejam protegidas ou não. Exemplificando, a exploração mineral em paisagens cársticas com cavernas em calcários pode exercer uma gama de impactos no ar e no regime hidrológico que mantém estas áreas.

Princípio 7 – Os governos devem ser estimulados a reformar os sistemas de concessão para a atividade de mineração

Os governos deverão ser estimulados a iniciar o processo de revisão dos sistemas de concessão de pesquisa mineral e lavra para que se assegure que os direitos minerários não tenham primazia sobre os objetivos ambientais e de proteção das áreas. O processo de requerimentos por entrada livre é inconsistente com o crescimento das demandas pela sociedade em termos do atendimento de outras metas associadas com a sustentabilidade ecológica, econômica e social. A indústria argumenta que os governos devem “desregulamentar” a indústria e remover os padrões ambientais para que a indústria possa se tornar mais competitiva e possa adotar estratégias mais flexíveis. Entretanto, ironicamente, esta mesma indústria se mantém atrelada aos velhos paradigmas das concessões minerárias impedindo iniciativas de melhorias ambientais e sociais, como acontece, por exemplo, em certos parques e áreas de conflito.

#### Princípio 8 – Transparência

O processo de estabelecimento da área de proteção deve ser aberto e transparente

Qualquer decisão relacionada com o estabelecimento de áreas de proteção e proposição de estudos de recursos minerais bem como programas de exploração e lavra deverão ser executados em um processo com ampla participação pública.

#### Princípio 9 – Informação

As organizações conservacionistas deverão tomar conhecimento da Política Governamental para os recursos minerais e da legislação vigente referente à proteção das áreas vizinhas às atividades de mineração

#### Princípio 10 – Confiança

Desconfie das reais intenções dos grupos ambientais ligados à indústria que apoiam projetos de proteção ambiental em áreas com recursos minerais.

### **CONCLUSÕES FINAIS**

Neste artigo foram discutidos alguns aspectos que consideramos relevantes para a preservação de áreas protegidas ameaçadas por atividades de mineração.

Pelo apelo dos comentários pode-se observar que a maioria dos mesmos estão embasados em experiências de grupos ambientalistas que lidam diretamente com as questões relacionadas ao meio ambiente e a mineração.

Segundo a ótica da indústria de mineração tais argumentos necessariamente serão contestados, pelo menos parcialmente.

O principal objetivo desse trabalho é levantar a discussão de tais questões, principalmente no meio da indústria mineral. É preciso que aqueles que defendem a mineração saibam o que os outros setores, principalmente ambientalistas, estão pensando. É preciso que aqueles que defendem a mineração saibam, também, o que é melhor para o meio ambiente e a biodiversidade.

A utilização de áreas com status ambiental especial (Amazônia, Pantanal, áreas de preservação permanente, reservas ecológicas e outras) traz sempre a questão de evitar-se irreversibilidades. É perfeitamente compreensível que em situações em que se coloca, de um lado da balança, o desenvolvimento de uma mina e, do outro lado, a preservação, a tendência será dar um peso maior à preservação. Restrições ambientais podem tornar certos depósitos minerais indisponíveis, como se eles tivessem sido removidos da face da terra. Porém, a decisão de não utilizar um recurso deve ser tomada somente após a devida consideração de todos os interesses envolvidos. Essa avaliação é muitas vezes difícil, pois dá à discussão atributos não mensuráveis em termos quantitativos ou financeiros, tais como o patrimônio genético, a paisagem e a terra dos antepassados, entretanto não pode ser evitada (IBRAM, 1992).

No caso específico do Brasil, embora a legislação brasileira para questões ambientais seja considerada uma das mais avançadas do mundo e o país esteja à frente de muitas nações desenvolvidas, não estamos deixando de ameaçar o meio ambiente e desrespeitar as leis. O problema, certamente, não é a falta de uma legislação que estabeleça regras rígidas e penas pesadas para os criminosos ambientais. O grande entrave é a falta de estrutura para fiscalizar e punir aqueles que não cumprem a lei.

Em todo o país a realidade é bem parecida. Basta verificar que o Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis) em todo o Brasil possui 1.500 fiscais para atender a 5.500 municípios. Ou seja, uma média de quatro municípios para

cada fiscal, com boas chances de boa parte deles não ter à sua disposição sequer uma bicicleta para realizar o seu trabalho (Confea, 2002).

A grande questão é que a problemática ambiental não está incorporada na implementação das políticas públicas. Ter uma legislação avançada, no campo civil, administrativo e penal, não garante o fim da agressão ao meio ambiente. Entretanto, os mais otimistas vêem solução a médio prazo. Não que se acredite que, repentinamente, o Estado irá construir uma estrutura de gestão dos seus recursos naturais condizente com o alto nível de sua legislação ambiental. Mas há aqueles que apostem em outras forças capazes de fazer o empresário cumprir integralmente as leis ambientais do país. Uma delas, vem do próprio mercado. O setor produtivo está sendo obrigado a cumprir a lei porque as organizações estão sendo cobradas comercialmente, tanto pelo mercado interno quanto externo, a buscarem a sua certificação ambiental. "Quem hoje não é certificado não exporta e já apresenta dificuldades até mesmo para colocar seu produto no mercado interno. Esta postura do mercado tem exigido dos empresários o cumprimento integral de todas as normas e a instalação de equipamentos não-poluentes. "A lei brasileira é muito boa, mas a lei de mercado é imbatível" (Confea, 2002). Outra força capaz de mudar a postura do empresário e coibir a ação dos agressores é a pressão popular. Cada vez mais, as comunidades estão exigindo informações e cobrando das organizações sua parcela de responsabilidade com a manutenção saudável do meio ambiente. E, como interessa cada vez mais às empresas manter uma relação simpática com aquela comunidade que as acolhe e que consome os seus produtos, muitos avanços ambientais estão sendo alcançados amigavelmente. Outro aspecto recente da legislação brasileira está revertendo o quadro da impunidade dos empresários que operam sem licenciamento ambiental. A novidade é que a lei 9.605/98 não incrimina apenas o agente poluidor, mas também o órgão responsável pela fiscalização que não coibir a ação criminosa. Este novo princípio

- de punir quem também faz vistas grossas ao descumprimento legal - é uma revolução do ponto de vista do Direito Ambiental. Está movimentando os órgãos fiscalizadores que agora correm o risco de serem considerados cúmplices e coniventes com toda e qualquer ação criminosa contra o meio ambiente. "Trabalhar na clandestinidade deixou de ser lucrativo para transformar-se num risco iminente de prejuízo, muitas vezes irreversível para a saúde financeira das empresas", (Confea, 2002).

#### **REFERÊNCIAS CONSULTADAS**

- Ciccu, R, Mocci, G. & Imolesi, E. 1998. A rational approach to the assessment of environmental issues in stone quarrying districts. *Proceedings of the Environment Issues Waste Management in Energy and Mineral Production* ( ed. A. A. Balkema) Rotterdam, pp. 87-93.
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea). 2002. *A guerra Verde*. Revista do Confea. Ano VI, N<sup>o</sup> 9, pp. 26-29.
- Environmental Mining Council of British Columbia (EMCBC). 1998. *More Precious Than Gold: Mineral Development and the Protection of Biological Diversity in Canada*, British Columbia, Canada, 31 p.
- Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). 1992. *Mineração e Meio Ambiente*. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Redação. Brasília, 126 p.
- Williams, D.J; Wu,Y; Morris, P.H systems analysis of engineered mine site rehabilitation, *Proceedings of The Fourth Intern. Conf. on Tailings and Mine Waste*, Fort Collins, Colorado, 1997, Rotterdam: A.A. Balkema.

**CENÁRIOS DE GEOINDICADORES POR MEIO DE  
AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM SIG E BASE DE DADOS  
GEOAMBIENTAIS**

*Dra. Noris Costa Diniz*

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, SGAN 602 Brasília  
DF, tel (061)426-5868  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.-  
IPT - [aneel@gov.br](mailto:aneel@gov.br); [diniznor@ipt.br](mailto:diniznor@ipt.br)

---

**RESUMO**

Este trabalho apresenta um sistema gerenciador geoambiental que utiliza tecnologias de bases de dados e Sistema de Informações Geográficas com a finalidade de compor cenários dinâmicos de geoindicadores ambientais utilizando critérios de geologia de engenharia. As bases de dados em SIG regionais e de áreas urbanas podem ser consideradas como ferramentas para extrair indicadores de problemas e mudanças ambientais. O SIG de geologia de engenharia poderia ser atualizado a medida em que ocorram modificações causadas por interferências da ocupação humana sobre o meio físico. A Base de dados Geoambientais pode ser acessada pelo SIG para avaliações ambientais da atual dinâmica de uso e ocupação do solo complexa e acelerada.

O desafio do planejamento e da gestão ambiental é que enquanto não se conseguiu o potencial para atingir o entendimento das questões mais freqüentes sobre as necessidades regulatórias, a degradação ambiental que gera efeitos cumulativos continua em crescimento. Os geoindicadores podem ser entendidos como medidas de alta resolução de modificações de curto prazono ambiente geológico, que sejam significativas para avaliação e o monitoramento ambiental (BERGER, 1996).

*Roberto Villas Bôas y Christian Beinhoff, Editores*



O desenvolvimento de uma Base de dados Geoambientais, por meio da automação de um SIG de geologia de engenharia foi o objetivo de um doutorado apresentado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, contando com diversos projetos do IPT, da SMA/SP, da SABESP, da SCTDE e da CESP, integrados pelo projeto GAIA – Sistema de Gerenciamento da Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo. Os objetivos do Projeto eram modelar e implementar: uma base cartográfica espacial digital; um SIG de ameaças geoambientais; um SIG de interferências de processos tecnológicos; dados espaciais de unidades de conservação; banco de dados alfa-numéricos, banco de dados de imagens; multimídia; e aplicações em SIG para gestão ambiental, gerenciamento de recursos hídricos e monitoramento de riscos.

**Palavras chave:** Geoindicadores, Sistema de Informações Geográficas, Ameaças e Riscos Geológicos, Sustentabilidade, Meio Físico.

## 1. INTRODUÇÃO

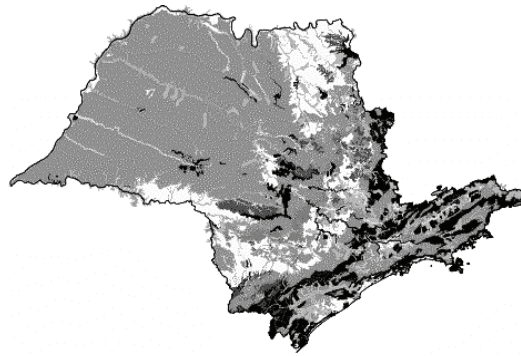
Este trabalho apresenta uma aplicação SIG que possibilita construir Cenários de Geoindicadores, Figura 1, baseado em critérios de geologia de engenharia por meio do Sistema Gerenciador da Base de Dados Geoambientais – GAIA (Geo-Avaliação de Impactos Ambientais), como na Figura 2. O Sistema GAIA se constitui na Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo e na interface desenvolvida em três projetos: a tese de doutorado de DINIZ (1998), defendida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP; o projeto de pesquisa interno no IPT, desenvolvido para os temas de avaliação ambiental, ameaças geológicas e aptidão dos terrenos a empreendimentos civis; e ainda um projeto, desenvolvido para Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA/SP, aplicado a zoneamento ambiental, monitoramento de unidades de conservação e gerenciamento de recursos hídricos.

Base de Datos Geoambientais em SIG, baseada em critérios de geologia de engenharia pode ser considerada uma ferramenta no esforço multi-disciplinar para desenvolver soluções para o monitoramento de ameaças geológicas. O comportamento dos terrenos, expostos ao uso e ocupação intenso e acelerado, e modificado por seus processos tecnológicos, tem acarretado consideráveis perdas econômicas e até de vidas humanas.

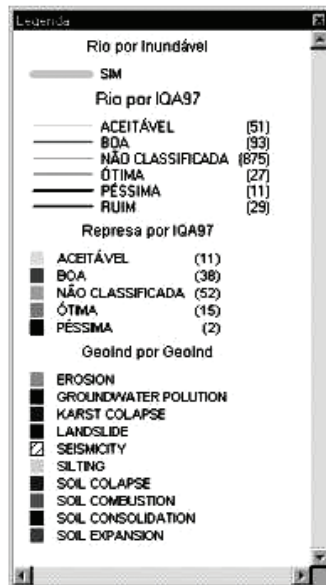
A previsibilidade do comportamento dos terrenos obtida por meio do SIG de geologia de engenharia, será tão mais precisa quanto mais a investigação geológico-geotécnica e a caracterização dos terrenos seja guiada pela observação e a análise dos processos do meio físico, deflagrados pelos processos tecnológicos decorrentes de interferências civis.

O sistema GAIA possui uma base de dados espaciais, um banco de imagens, um banco de dados alpha-numérico que podem ser utilizados numa aplicação de Cenários de Geoindicadores aplicando atributos e critérios geológico-geotécnicos para avaliação ambiental.

A importância do efetivo gerenciamento de dados e de informações sobre questões ambientais foi especialmente considerada no projeto de pesquisa do sistema GAIA. Atividades de pesquisa de geoindicadores requerem e geram uma enorme quantidade de dados e informações das mais diversas. Estes dados e informações são necessários para documentar as mudanças ou alterações no meio físico, para possibilitar o entendimento dos processos do meio físico, e ainda, promover avaliações integradas dos impactos causados por atividades humanas.



**Figura 1 – Cenário de geoindicadores do Estado de São Paulo, a partir da Base de Dados Geoambientais (DINIZ, 1998).**



LEGENDA do cenário de geoindicadores.

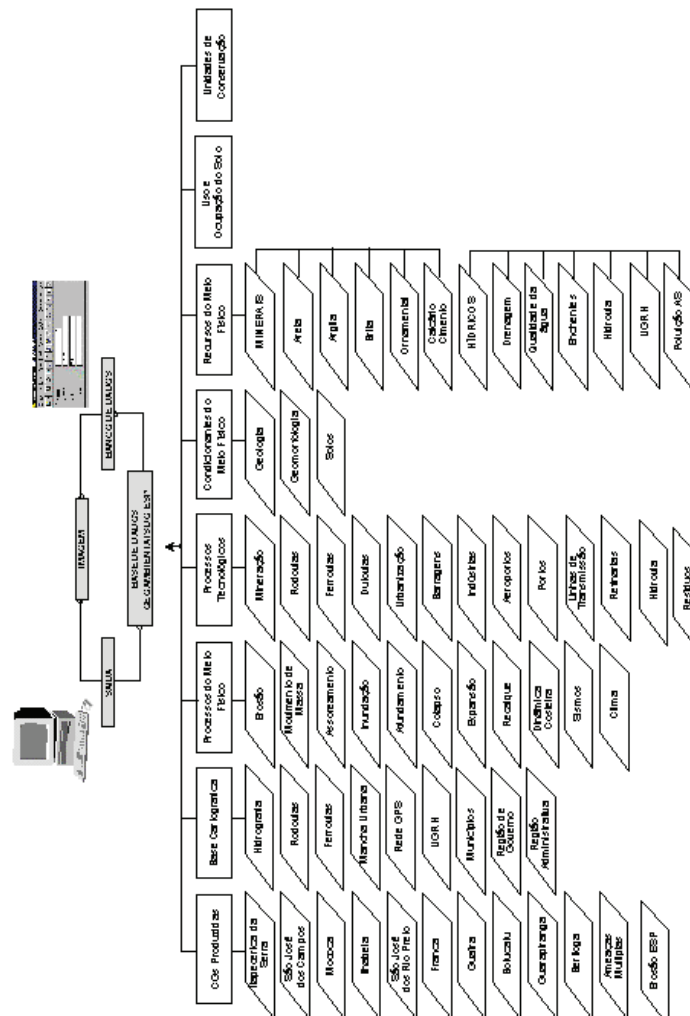


Figure 2 – GAIA – Estrutura de dados do Sistema Gerenciador da Base de Dados do Estado de São Paulo.

Devido à complexidade das informações ambientais, nas quais se incluem os geoindicadores, fenômenos naturais, interações humanas e necessidade de avaliações abrangentes, existe um desafio constante, no sentido de arquivar, preservar e tornar o sistema de monitoramento disponível, em formato acessível para usuários especialistas e outros.

A Base de Dados Geoambientais pode ser acessível além do universo dos especialistas. Para uma compreensão adequada por estes usuários, a linguagem e as recomendações preventivas incluídas no banco de dados deve ser clara para cada um, em termos de predeterminar o comportamento da interação uso do solo interações no meio físico. Assim como indicar as interferências entre as diversas formas de ocupação, indicando medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar custos e riscos nos empreendimentos e no meio ambiente e em seu entorno.

As medidas preventivas aplicadas na gestão ambiental poderiam contribuir para a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. O uso efetivo dos SIG de geologia de engenharia pode ser assegurado a medida em que as orientações de medidas preventivas e corretivas possibilitem orientar intervenções como: manejo de unidades de conservação, planos de bacias, planos diretores municipais, planos de defesa civil, medidas de controle de erosão e deslizamentos, fornecendo, por meio da integração das informações da base de dados, geoindicadores para o monitoramento de riscos geológicos.

Medidas preventivas na gestão ambiental, baseadas nas observações de campo dos problemas ambientais, podem melhorar a qualidade de vida para o desenvolvimento sustentável.

## **2. GEOINDICADORES**

Os geoindicadores foram desenvolvidos como uma ferramenta para auxiliar na avaliação integrada de ambientes naturais e ecossistemas, assim como para relatar a situação do meio ambiente, como afirmados por BERGER & IAMS (1996). Como descritores dos processos do meio físico que operam em um cenário terrestre ou outro, os geoindicadores representam corretamente um novo tipo de medida da paisagem, os quais concentram em si mesmo os componentes inanimados da litosfera, pedosfera, hidrosfera, e suas interações com a atmosfera e a biosfera (incluindo o ser humano).

As condições ambientais em determinado momento refletem, não só as interferências humanas, mas também os processos e os fenômenos naturais (Berger & Iams, 1996), as quais podem estar causando alterações, seja com a presença de pessoas ou não. A longa história evolutiva da Terra e da biosfera tem sido pontuadamente marcada pelas mudanças que reduzem ou aumentam enhanced a capacidade das paisagens terrestres para proporcionar um lugar para vida saudável. Além do que, longe dos efeitos óbvios da perturbação humana (cidades, áreas de disposição de resíduos, minas, desmatamentos), tem sido muito difícil separar os efeitos de ações humanas daqueles provocados por processos naturais preexistentes.

Utilizando as informações de bases de dados geoambientais pode-se tentar prever flutuações climáticas sazonais a interanuais e eventos extremos associados, e se poderia simular o potencial de impactos econômicos sobre a agricultura, recursos hídricos, e outros sistemas econômicos.

Contudo, para definir as tendências e os padrões geográficos e temporais de mudanças sobre os terrenos da cobertura terrestre, é necessário conhecer quais são os processos, naturais e quais são os induzidos por ações humanas, que levam à mudanças na cobertura terrestre e no uso da terra. Incluindo processos como desmatamento, desertificação e perda de recursos globais. A vulnerabilidade dos

sistemas terrestres, incluindo economia, saúde humana, e sistemas ecológicos para flutuações climáticas e mudanças dependem das escalas de tempo abordadas.

A Figura 3 ilustra o fluxograma de critérios de geologia de engenharia baseados no *Check List* de geoindicadores proposto por Berger & Iams (1996) e na modelagem da Base de Dados Geoambientais (Diniz, 1998). Os geoindicadores seriam os processos atuais enquanto que os critérios de geologia de engenharia são medidas dos respectivos atributos condicionantes. Unidades são as representações espaciais da paisagem para cada cenário de geoindicadores, temporal ou dinâmico.

Os processos atuais e seus respectivos atributos condicionantes considerados relevantes na paisagem analisada, foram baseados nos seguintes critérios de geologia de engenharia:

- Erosão (ton/ha/ano);
- Movimento de massa ( $m^3$ /evento x chuva mm acumulada/72 hours);
- assoreamento ( $m^3$ /ton/ano);
- subsidência cárstica ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- colapso de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- expansão de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- recalque de solo ( $m^2$  / numero de ocorrências)
- sismicidade (intensidade MM/ numero de ocorrências)

O Cenário de geoindicadores pode ser elaborado utilizando-se a informação espacial de processos geoambientais atuais e parâmetros de geoindicadores registrados no banco de dados.

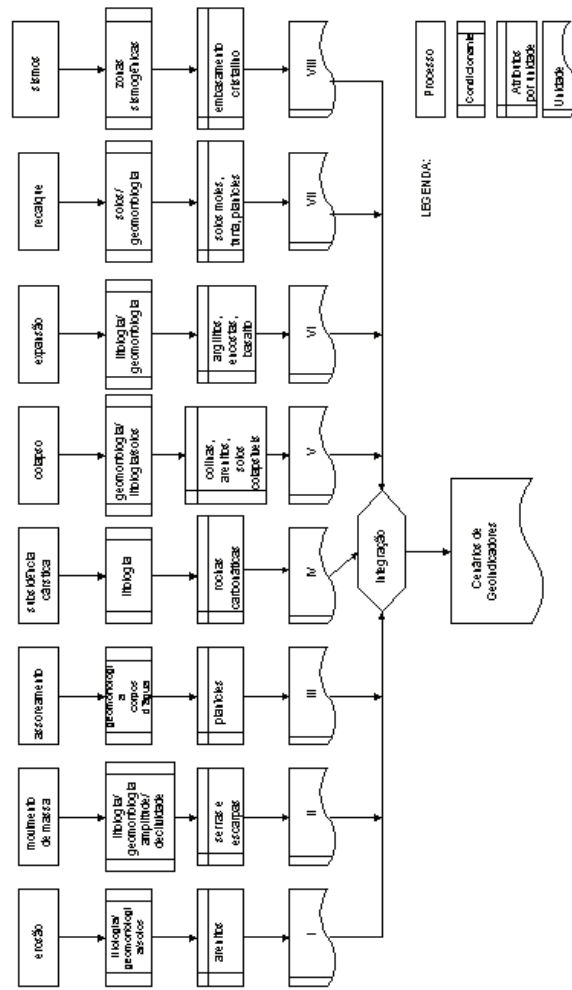
### **3. BASE DE DADOS GEOAMBIENTAIS PARA MONITORAMENTO**

A Base de Dados Geoambientais do Estado de São Paulo permite disponibilizar informação apropriada para seleção dos processos do meio físico relevantes o bastante para serem considerados geoindicadores, como ameaças geológicas e temas ambientais: suscetibilidade dos terrenos a erosão, movimento de massa, assoreamento, colapso do solo, recalque do solo, expansão do solo, combustão do solo, sismicidade e qualidade da água superficial e subterrânea.

As contribuições mais consistentes para desenvolver esta ferramenta, são aquelas proporcionadas por sua aplicação. A Base de Dados Geoambientais pode ser atualizada de segundo as alterações dos processos do meio físico. Somente o SIG pode suportar bases de dados para avaliações ambientais destas dinâmicas ambientais complexas e aceleradas.

O Projeto SIG contempla o objetivo de elaborar cenários e bases de dados para diversos tipos de aplicações, com o monitoramento e gestão.





**Figura 3 – Fluxograma de critérios de geologia de engenharia baseados no check list de geoindicadores (Berger and Iams, 1996) e Modelagem de dados geoambientais (Diniz, 1998).**

O Objetivo do projeto era construir uma base de dados geoambientais – GAIA, contendo:

- a) uma base de dados espaciais;
- b) processos do meio físico (ameças geológicas);
- c) processos tecnológicos (interferências humanas e de empreendimentos);
- d) dados espaciais básicos temáticos;
- e) dados espaciais de recursos do meio físico;
- f) dados espaciais de unidades de conservação;
- g) banco de dados alfa-numérico de socioeconomia;
- h) banco de imagens e fotografias digitais;
- i) Interface de aplicação SIG.

A interface utilizou produtos existentes implementados em projetos relacionados a monitoramento ambiental. Melhorando capacidades relativas a previsibilidade de problemas geoambientais, e aumentando a capacidade de prevenção além dos trópicos ampliando as possibilidades, contribuindo com a compreensão das interações terra - atmosfera.

Esta base de dados geoambientais pode promover documentação, avaliação e entendimento dos processos do meio físico; investigando as relações entre processos geológicos, uso da terra e clima, estudando the role da dinâmica do meio físico em modelos integrativos e avaliações ambientais.

Além disso, pode-se atualizar documentos, investigar e avaliar mudanças e e fatores condicionantes que influenciam o meio físico, proporcionando possíveis retroanálises no coupled modelos; a documentação se modifica ao longo de monitoramentos de longo prazo e avaliação das características do sistema climático primário; e

para investigar tendências econômicas, tecnológicas, e demográficas que afetem a capacidade dos sistemas naturais e humanos responderem a variabilidade e mudanças climáticas.

O SIG GAIA poderia ser amplamente divulgado a centros de pesquisa e parceiros existentes, o subsequente processamento e geração de produtos utilizáveis em ciência e aplicações poderia ser disponibilizado amplamente como e-atlas de geoindicadores, tomando vantagem da tecnologia e conceitos envolvidos na Internet e www (World Wide Web).

#### **4. MONITORAMENTO DE GEOINDICADORES**

Campagnoli (1998) utilizou taxas de evolução de depósitos de assoreamento, tanto quanto seus volumes acumulados para propor um parâmetro de geoindicador ambiental. Estes parâmetros como geoindicadores, podem medir a eficiência de medidas preventivas e corretivas adotadas nas bacias hidrográficas que visam a mitigação dos processos de degradação dos solos. O autor estudou a suscetibilidade de terrenos à erosão urbana e ao processo de assoreamento, assim com as formas de uso da terra, juntamente com conflitos e impactos.

O Cenário de geoindicadores do Estado de São Paulo baseado em critérios de geologia de engenharia pode ser aplicado em estudos específicos, como monitoramento de ameaças geológicas, de recursos hídricos e de interferências de empreendimentos civis. Por exemplo, SIG de monitoramento em cenários de recuperação de áreas degradadas por atividade de mineração, cenários de riscos de movimentos de massa, cenários de vulnerabilidade a poluição de águas subterrâneas e cenários de avaliação para disposição de resíduos. Portanto, os cenários estáticos, como cartas geotécnicas, podem ser suplantados por avaliações dinâmicas possibilitadas pelo SIG de geologia de engenharia.

## 5. CONCLUSÕES

O Cenário de Geoindicadores do Estado de São Paulo integra os seguintes tipos de ameaças geológicas: erosão, assoreamento, movimentos de massa, recalque de solos, enchentes, expansão de solos, colapso de solos, subsidências de solos, dinâmica costeira, sismicidade, qualidade da água superficial, poluição de águas subterrâneas. Apesar destes cenários serem ainda, muito generalizados são, contudo, um recurso útil e aplicável de informações de ameaças geológicas e problemas geoambientais, não disponíveis em mapas convencionais, mesmo em cartas geotécnicas e mapas de geologia de engenharia, e mostram que outras pesquisas deverão ser realizadas para tornar a informação consistente considerando a escala de tempo geológico de processos, que um determinado tipo de cenário geológico-geotécnico pode representar.

A continuidade do desenvolvimento computacional e a disponibilização em Internet da base de dados GAIA, são condicionantes para retroalimentação, a atualização e manutenção constantes, como fator crítico de vida útil e de consistência, intrínsecos a sistemas de monitoramento ambiental e de gerenciamento de recursos hídricos e naturais efetivos, que possibilite o atendimento de usuários especialistas ou outros.

O Cenário de geoindicadores em SIG possibilita a quantificação e o detalhamento modular em escalas e contínuo temporalmente necessários ao acompanhamento de mudanças passíveis de medições por geoindicadores, para aplicações de monitoramentos geo-ambientais.

Agradecimentos: O autor gostaria de agradecer ao *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo* e à FAPESP pelo suporte logístico, a todos os técnicos do IPT que deram suporte ao trabalho, e a todas as instituições que permitiram acessar os dados, que são IG, IGC, IBGE, DER, DAEE, CESP, ELETROPAULO,

FEPASA, EMBRAER, CETESB, SMA, PETROBRAS, FFLCH/  
Dep.Geog./ USP, EPUSP and IPT.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BERGER, A R. and IAMS, W.J. (1996) *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth systems*. A A Balkema/ Rotterdam. Brookfield. 466 p.
- CAMPAGNOLI, F (1998) *Silting as an environment geo-indicator on Metropolitan Area of São Paulo – Brazil*. International Engineering Geology - IAEG - Vancouver – Canada.
- CONTRINARI, L. (1996) Natural and anthropogenic interactions in the Brazilian tropics. In: *Geoindicators: assessing rapid environmental changes in earth*. Editors: BERGER, A R. & IAMS W.I. A. A Balkema, Rotterdam, Brookfield. P 295 – 310.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL. (Coord.) (1997) *Mapa de Ameaças Múltiplas do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT/ DAEE/ CETESB/ IG/IAG.
- DINIZ, N.C., CINTRA, J.P. 1997. Automated cartography for engineering geological maps. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 18., 1997, Rio de Janeiro: SBC; INTERNATIONAL SCIENTIFIC ASSEMBLY IAG, 1997, Rio de Janeiro: IAG.
- DINIZ, N.C. et al. 1997. Construção da base de dados geoambientais para multifinalidade: mapas digitais, multimídia e SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 1997, São Paulo. Atas...São Paulo: Epusp.
- DINIZ, N.C. 1998. *Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental*. São Paulo. 2v. (Tese de Doutorado, apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

- DINIZ, N.C. et al. 1999. Mapeamento geoambiental em base de dados georreferenciados como suporte de análise de riscos e avaliação ambiental regionais. In: REGEO, 1999. Anais. São José dos Campos: ABMS.
- FORNASARI FILHO, N. et al. 1992. Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo: IPT. 165p. (IPT. Publicação, 1972; Boletim, 61). 165p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. (1994) Carta geotécnica do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Publicação, 2.089).
- \_\_\_\_\_. 1999. Sistema da base de dados geoambientais no Estado de São Paulo. São Paulo. (IPT. Relatório, 42 331).
- MACEDO, E.S. and others (1998) Landslide warning system in Serra do Mar slopes, São Paulo, Brazil. 8 The International IAEG Congress. Balkema, Rotterdam. P 1967 – 1971.
- OGURA, A T. & GRAMANI, M.F. (2000) The debris flow in Lavrinhas: stratigraphical and sedimentological features for debris flow risk assessment. 31<sup>st</sup> International Geological Congress. IUGS. International Union for Geological Sciences. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- SALLES, E.R., DINIZ, N.C., TORI, R. 1998. Aplicativo multimídia - SIG para disseminação da base de dados geoambientais do Estado de São Paulo, IPT. In: GIS Brasil 98, CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 4., 1998, Curitiba, PR. Anais... Curitiba: Sagres Editora.

## MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A DIMENSÃO ECONÔMICA NA ESCOLHA DE INDICADORES

*Eduardo Vale*

**BAMBURRA** – Planejamento & Economia Mineral Ltda.

(<http://www.bamburra.com>)

---

### 1. CONCEITO

Focando sob uma ótica agregada, de forma a abstrair a influência da diversidade de visões e dimensões que permeiam as inúmeras definições propostas para desenvolvimento sustentável, para efeito desse documento o referencial adotado para o conceito em questão tangencia aquele sugerido pela *World Commission on Environment and Development* – WCED<sup>1</sup>:

**Padrão de desenvolvimento que atenda as carências e satisfaça as necessidades da geração atual sem comprometer as condições das gerações futuras de atenderem suas necessidades.**

Segundo essa conceituação, a busca de uma solução de compromisso que equilibre os interesses da geração atual e das gerações futuras é fundamental. Apesar da significativa componente de utopia e dos inúmeros desafios que encerra, os esforços direcionados à sua efetiva internalização em termos das melhores práticas nos processos decisórios dos setores público e privado representam notável ruptura com o passado. Reside na harmonização dessa interface – conflitos entre gerações - o grande desafio para a consecução de um padrão de desenvolvimento dito sustentável.

## **2. O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É POSSÍVEL SEM A MINERAÇÃO?**

Esse tópico tem como objetivo ressaltar a influência da escala espacial no grau de flexibilidade esperado para a inserção da indústria de mineração no processo de desenvolvimento sustentável. Abstraindo-se o postulado “**pense globalmente e aja localmente**“ essa questão pode ser aproximada segundo três dimensões espaciais, a saber:

- ⇒ **Plano Internacional** - em nível internacional, considerando o papel imprescindível ocupado pelos bens de origem mineral nas equações de produção, nos padrões de consumo e de qualidade de vida e nos níveis de bem-estar em geral, a resposta é negativa. É inquestionável que a indústria de mineração é um vetor fundamental para que a humanidade almeje alçar o processo de desenvolvimento global aos objetivos e postulados que consubstanciam o conceito de desenvolvimento sustentável;
- ⇒ **Nacional** - no plano nacional, embora em outra escala e com base em outras opções, constata-se um status semelhante para a importância da mineração. Não obstante, tendo em vista a diversidade de políticas nacionais, faz-se mister tecer algumas considerações relativas ao seguinte perfil de países:
  - Países Desenvolvidos em geral;
  - Países Desenvolvidos de Vocação Mineira;
  - Países em Desenvolvimento em geral; e
  - Países em Desenvolvimento de Vocação Mineira.
- ⇒ **Local** - em nível local, a matriz de oportunidades e ameaças representada pela indústria de mineração estará vinculada às demais alternativas de investimentos disponíveis com destaque para as oportunidades mutuamente exclusivas. Por outro lado, é provável que os interesses da comunidade local estejam inseridos



em uma matriz mais ampla representativa dos interesses nacionais.

Na realidade, enquanto certas regiões dispõem de rotas alternativas de desenvolvimento, nas quais as atividades de mineração deverão ser confrontadas com as demais opções existentes, em outras não há opção. Para uma região árida e desértica na África, por exemplo, onde as perspectivas oferecidas por atividades como o turismo e o setor agrícola são limitadas, senão inexistentes, o aproveitamento dos recursos minerais existentes poderá representar a única oportunidade vislumbrada. Um exemplo concreto e extremo diz respeito ao Mali.

Com base nessas considerações preliminares, o inter-relacionamento entre as dimensões espaciais e as respectivas matrizes de oportunidades e ameaças, expressas em padrões e concepções alternativas para o desenvolvimento regional e nacional é que formatarão os custos de oportunidade latentes ao processo decisório.

A partir dessas considerações, os custos incrementais estarão associados aos esperados *trade offs* no montante de benefícios líquidos passíveis de serem gerados por diferentes políticas de desenvolvimento. Assim sendo, a semelhança do plano nacional, fatores como o nível de desenvolvimento alcançado e o potencial mineral frente às demais alternativas de desenvolvimento são fundamentais para qualificar o papel reservado à mineração, em nível de comunidades específicas.

### **3. A MINERAÇÃO É SUSTENTÁVEL?**

Não raramente, esse questionamento é encarado como uma heresia na medida em que a não renovabilidade dos bens minerais, por definição, comprometeria qualquer insinuação quanto a sustentabilidade do setor. Não obstante, flexibilizando a dimensão temporal a partir da operacionalização da dicotomia inerente à

natureza das macro-dimensões dos recursos econômicos – **variáveis do tipo estoque e fluxo** – é factível acomodar parcialmente a questão da exaustão e tecer considerações sobre o grau de sustentabilidade da indústria.

Em tese pode-se admitir que o nível de sustentabilidade da mineração é inversamente proporcional à dimensão da escala espacial, se não vejamos:

- ⇒ **Internacional** - no plano internacional, considerando a visão de desenvolvimento sustentável enquanto processo em contínua evolução é aceito que a indústria de mineração seja sustentável no longo prazo;
- ⇒ **Nacional** - em nível de um país em particular, a depender do seu *geological endowment*, das funções de produção empregadas e dos padrões de uso e consumo prevalecentes, a restrição caracterizada pelo horizonte de exaustão, especialmente para recursos específicos, se manifesta com maior intensidade. Todavia, aspectos relacionados à dimensão temporal, à evolução tecnológica e à transformação e conversão do estoque de recursos minerais em fluxos primários e secundários de benefícios líquidos auto-sustentáveis podem assumir um caráter estratégico oferecendo uma vertente efetiva para a inserção do setor, em nível de projetos específicos, no processo de desenvolvimento sustentável; e
- ⇒ **Local** - para uma região específica, tem-se os mesmos condicionamentos impostos pela exaustão no plano nacional muito embora expressos de forma mais acentuada e com menor capacidade de manobra. Acrescente-se ainda, a provável primazia do interesse nacional sobre o regional, pelo menos em tese. Por outro lado, a eventual conversão do estoque de recursos minerais em fluxos perpétuos de benefícios líquidos assume caráter mais crítico. Sua viabilidade e importância estratégica estará condicionada, entre outros aspectos, à maior ou menor

disponibilidade de alternativas econômicas e rotas de desenvolvimento para a região.

Independentemente da flexibilidade relativa oferecida pelo foco espacial, no âmbito operacional específico da indústria de mineração, a inserção efetiva do setor no processo de desenvolvimento sustentável passa pela identificação de uma macro-conceituação para o aproveitamento dos recursos minerais que estabeleça referências, em nível de indicadores de natureza quantitativa ou mesmo qualitativa, que permitam balizar o processo decisório. A eficiência desse processo estará condicionada pela minimização do custo de oportunidade inerente ao conceito de aproveitamento escolhido e sua eficácia estará subordinada à maximização da contribuição do setor ao desenvolvimento sustentável do País e/ou da região.

Está implícita, portanto, a expectativa de que a contribuição da mineração ao desenvolvimento sustentável global refletirá o somatório das contribuições efetivas alcançadas em cada país. Por sua vez, em nível dos países esse mesmo processo de agregação - local versus nacional - será observado particularmente naqueles de maior extensão territorial, de maior inequidade na distribuição da renda nacional e com maior discrepância na distribuição dos recursos minerais.

#### **4. VISÃO MULTIDIMENSIONAL DO CONCEITO**

A Figura 1 caracteriza sistemicamente as dimensões clássicas que permeiam as diferentes iniciativas e esforços direcionados à conceituação de desenvolvimento sustentável em confronto com uma característica específica - **exaustão** - da indústria de mineração.