

Contribuições da análise de geossistemas na recuperação de áreas degradadas por mineração

Regina Paula Benedetto de Carvalho¹

RESUMO

A pesquisa objetiva apresentar o conceito de geossistemas e suas formas de análise em estudos ambientais, mais especificamente nos planos de recuperação de áreas degradadas por mineração. Houve uma preocupação em rever os termos degradação e recuperação assim como relatar o processo histórico brasileiro de degradação e recuperação de áreas mineradas. Constatou-se que a identificação e representação dos geossistemas contribuem para o entendimento das relações e integrações existentes entre os eventos naturais e antrópicos. Foi possível avaliar as melhores formas recuperação de áreas degradadas, planejando intervenções pontuais mas que agreguem para a estabilização do ambiente como um todo.

Palavras-chave: Análise, áreas degradadas, recuperação, mineração, geossistemas.

Contributions of geosystems analysis in the recovery of areas degraded by mining activities

ABSTRACT

The research aims to present the geosystems concept and its forms of analysis in environmental studies, more specifically the plan for restoration of areas degraded by mining. There was a concern to review the terms of degradation and recovery in addition to reporting the Brazilian historical process of degradation and recovery of mined areas. It was found that the identification and representation of the geosystems contribute to the understanding of relationships and integration between the natural and human induced events. It was possible to evaluate the best recovering forms of areas degraded, planning specific interventions but that somehow would add to the stabilization of the environment as a whole.

Keywords: Analysis, areas degraded, restoration, mining, geosystems.

1. INTRODUÇÃO

A exploração mineral é uma das atividades que mais contribui para a qualidade de vida da sociedade contemporânea, sendo considerado um dos setores básicos para o desenvolvimento econômico e social de muitos países, inclusive o Brasil.

Produtos minerais e derivados movem a economia da atualidade e estão presentes em necessidades básicas como agricultura, habitação, transporte, infra-estruturas de sanea-

mento, meios de comunicação e desenvolvimento tecnológico.

No passado, a busca por recursos minerais contribuiu para a ocupação do território brasileiro, e em 2010 a produção mineral brasileira atingiu um recorde estimado de US\$ 40 bilhões, simbolizando um aumento de 67% em relação a 2009, ano que sofreu um retrocesso econômico devido à crise mundial.

Atualmente são extraídas do subsolo nacional várias substâncias metálicas, não-metálicas e energéticas. Na participação do

mercado mundial, destacam-se a exploração de nióbio, minério de ferro, ouro, manganês, cobre, silício, caulim, bauxita, estanho, chumbo, granito, rochas ornamentais dentre outros (IBRAM, 2010).

Entretanto, apesar da expressiva participação na economia, a mineração gera muitos impactos. Alguns desses impactos são inerentes a própria atividades, outros podem ser minimizados se houver manutenção adequada, porém todos eles podem gerar processos de degradação do meio natural irreparável caso não sejam gerenciados.

Quando não são bem administrados, os impactos ambientais causados pela mineração podem provocar um conjunto de efeitos indesejáveis entre a empresa e sociedade. Estes podem ser relativos à poluição ambiental, conflitos de uso e ocupação de solos, geração de áreas degradadas e etc.

O Brasil possui um conjunto de diretrizes e regulamentações federais, estaduais e municipais que orientam o cumprimento da legislação mineral e ambiental, buscando a prevenção e/ou amenização das formas de degradação da exploração mineral sem prejudicar o crescimento econômico que procede da atividade.

Para Beltrão (2009), antes da implantação de qualquer empreendimento, inclusive de exploração mineral, toda atividade deve realizar estudos ambientais através de relatório que contemplem a caracterização minuciosa da área em que se pretende instalar

o empreendimento e seu entorno. Nestes estudos devem constar aspectos do meio físico (abiótico e biótico) e do meio socioeconômico (uso e ocupação dos solos, características da população, expectativas de crescimento e desenvolvimento social e econômico).

Já algum tempo vem sendo desenvolvidos trabalhos e relatórios ambientais visando à compreensão da estruturação e dinâmica integrada dos fenômenos naturais e da ação humana no meio.

A identificação espacial de sistemas complexos e integrados a outros subsistemas é denominada de geossistemas. Este conceito tem evoluído desde meados da década de sessenta e vem paulatinamente contribuindo para o avanço científico através da representação conjunta e conexa de pesquisas de diferentes especificidades e escalas.

Entende-se por geossistemas as formas de organização e expressão espacial dos elementos da natureza, bióticos e abióticos, que junto à ação antrópica geram fluxos de energia e matéria que mantém e transformam a dinâmica da paisagem.

Portanto, ao compreender a inter-relação e o dinamismo desses processos se torna possível avaliar a influência de um evento, aparentemente isolado, sobre um lugar ou região. Com isso é possível selecionar e planejar as formas mais adequadas e sustentáveis de se intervir no ambiente, seja para ocupação, exploração de recursos, manejo ou preservação das áreas de estudo.

A análise dos geossistemas evidencia a complexidade e dinâmica dos ambientes, e por isso deve ser utilizado como base para projetos de avaliação, planejamento, monitoramento e gestão territorial. Sem a pretensão de esgotar o tema, o presente trabalho apresenta a concepção de geossistemas, expõem, teóricamente a importância de sua abordagem holística e algumas possibilidades de sua aplicação na recuperação de áreas degradadas por mineração.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada através de uma revisão bibliográfica de livros, teses, artigos, dissertações e sites da internet numa tentativa de contribuir para a recuperação de áreas degradadas por mineração através de aplicações de modelos sistêmicos baseados no conceito de geossistemas.

No primeiro momento a pesquisa apresenta o termo e a análise dos geossistemas, e discute o conceito de degradação e recuperação. Em seguida, abordou-se a questão da recuperação das áreas degradadas no Brasil e no setor mineral, as formas de planejamento que são implementadas, o papel da legislação brasileira e as normas técnicas que devem ser utilizadas. O terceiro momento foi dedicado a aplicação da análise integrada dos geossistemas no planejamento da recuperação das áreas degradadas por mineração. Como exemplo de estudo de caso

avaliou-se a criação de um modelo ecológico criado pelo pesquisador Aumont (2007) para monitorar a recuperação de uma área de mineração de argila. Este modelo fundamentou-se na interpretação sistêmica e complexa de ambientes sensíveis através de variáveis ambientais, ilustrando, portanto, o objetivo proposto deste trabalho.

3. GEOSSISTEMAS

Durante o século XX, os adventos da Primeira e Segunda Guerra Mundial desencadearam rápidas transformações sociais que denunciavam a instauração de uma crise ambiental mundial. Estas mudanças contribuíram para o avanço do pensamento científico proporcionando o surgimento de novas teorias e paradigmas que auxiliariam a humanidade a refletir sobre suas ações no meio. Uma das propostas que mais contribuíram na época foi a “Teoria Geral dos Sistemas” proposta por Ludwing Von Bertalanffy no início do século XX mas que passou a ser reconhecida e mais difundida somente a partir de 1950. Através dessa teoria Bertalanffy provou que a funcionalidade de um sistema depende da participação e influência de pequenas partes do todo, provando a importância da integração do homem com a natureza (FERREIRA, 2001).

Em 1962 Victor Sotchava aplicou a teoria dos sistemas aos estudos da paisagem soviética, criando um novo conceito capaz de designar a análise integrada da complexidade e

dinâmica dos fenômenos físicos naturais junto à ação humana, os Geossistemas. Sotchava afirmava que os geossistemas seriam formações naturais experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes sociais, econômicos e tecnogênicos podem ser classificados como geócoros, unidades heterogêneas, mas que pertencem a um mesmo conjunto, ou geômeros, conjunto de unidades homogeneizadas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Em 1971, o pesquisador Bertrand propõe que os geossistemas seriam o resultado do potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrografia), exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e da ação antrópica, e não apresenta necessariamente homogeneidade fisionômica, mas sim um complexo de relações interdependentes e dinâmicas (BERTRAND, 1971).

Em 1997, Bertrand propõe que o geossistema seria a parte física natural de um sistema tripolar interativo composto pelo próprio geossistema, pelo território e pela paisagem. Segundo o autor esses seriam os três eixos norteadores da análise integrada capazes de contemplar no mesmo modelo a dinâmica natural, as transformações da sociedade e o papel da cultura no ambiente (ROSS, 2006).

Contribuições importantes também foram feitas por Tricart em 1977. O autor considera a análise integrada dos geossistemas, mas cria novos conceitos como “ecodinâmica”, para determinar o estudo integrado dos fluxos de energia e matéria dos

ecossistemas, e em 1992, substitui o termo por “ecogeografia”, dando ênfase a integração humana nos ecossistemas no espaço geográfico (ROSS, 2006).

Para Christofolletti (1999) o geossistema é sinônimo de sistema ambiental físico e descreve seu funcionamento através da integração dos fluxos de matéria e energia dos elementos naturais, e sua expressão espacial é composta pelos ecossistemas locais e a expressão fisionômica do ambiente. Assim, o conjunto dos elementos físicos e fisionômicos de um ambiente mais os atributos biológicos de determinada região integram uma organização mais abrangente e de maior complexidade hierárquica, denominada geossistema. Os componentes referentes ao sistema sócio-econômico viriam a repercutir na estruturação e formação dos geossistemas de forma secundária (a partir do Holoceno) já que o sistema físico-biológico natural terrestre se organizaria independente da ação humana.

Ross (2006) considera que a sociedade altera a intensidade dos fluxos de energia e matéria dos geossistemas e que nem todas as interferências podem ser mensuradas. Estas interferências produzem espaços territoriais com maiores ou menores modificações no meio de acordo com as relações estabelecidas por diferentes grupos sociais, compondo os sistemas ambientais.

Considerando a evolução do conceito, a pesquisa se baseou na análise integrada e complexa, intrínseca aos geossistemas, baseada em alguns estudos que tiveram a

preocupação de entender o ambiente como um todo dinâmico e em constante processo de busca ao equilíbrio.

4. DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO

A degradação de uma área está associada à alteração de sua estrutura e a perda de nutrientes do solo decorrentes a alagamento, erosões hídricas e eólicas, salinização, escoamento superficial e compactação dos solos. As principais causas da degradação seriam o desmatamento e o uso insustentável das terras (REIS, 2006). O uso dos conceitos “degradação” e recuperação variam em meios aos diversos conhecimentos científicos e atividades em que são adotados (BITAR, 1997)

Em uma perspectiva espacial, Toy e Hadley (1987) consideram também o conceito de perturbação ou distúrbio como sinônimas de degradação. Utilizam-nos no campo da geomorfologia correlacionando a degradação/perturbação antrópica e seus efeitos na paisagem.

De acordo com Silva (1995) degradação ocorre quando a fauna e a flora são destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo é removida ou perdida e a qualidade da vazão do sistema hídrico é alterada.

Um conceito mais específico de degradação seria o de Willians (1990) que aplica o termo aos casos em que haja destruição da vegetação e da fauna nativa,

remoção e perda dos solos ou quando há alteração quantitativa ou qualitativa dos recursos hídricos. O autor também trata sobre “degradação ambiental”, e diz que esta ocorre quando o ambiente perde suas características naturais, bióticas ou abióticas, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico da região. De acordo com Bitar (1997), por ser bastante abrangente e abarcar diversas situações de degradação, a concepção de Willians foi adotada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais – IBAMA.

Para as normas legais, degradações ambientais são “alterações adversas das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981). De forma mais específica, o Decreto Federal 97.632/89, que estabelece o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), diz que degradações ambientais são processos que desencadeiam desequilíbrios no ambiente levando a perda ou redução das propriedades qualitativas dos recursos naturais (BELTRÃO, 2009). Percebe-se que a aplicação do conceito de degradação ambiental sugere as atividades humanas como desencadeadoras de condições ambientais, sendo rara a aplicação do conceito para processos de origem natural.

Quanto ao uso do termo recuperação sua adequação depende de que realmente se pretende realizar e para isso é necessário definir aspectos claramente as formas de execução, os objetivos e o que se pretende alcançar uma vez que o conceito recuperação implica em promover o retorno idêntico das

características de um determinado lugar (BITAR, 1997).

Alguns autores como Down e Stocks (1977) consideram o conceito de restauração o mais adequado para a finalidade do processo mineral, uma vez que este geralmente se preocupa em primeiro restabelecer a topografia original e criar condições prévias de uso e ocupação dos solos antes de qualquer atividade de recuperação.

Já Carpanezzi (2000) admite uma compreensão mais abrangente de recuperação, afirmando que os termos reabilitação, restauração e substituição são sinônimas de recuperação. Os últimos seriam utilizados para descrever diferentes formas de recuperação ambiental. Assim, determinado empreendimento pode restaurar (obtenção do ecossistema idêntico ao original), reabilitar (parecido com o original) e/ou substituir (criação de um ecossistema novo, exemplo: formação de um lago no lugar de uma cava de mineração e etc) o ambiente original da área em questão.

Em Willians (1990) a recuperação de um sítio significa que o mesmo será submetido a um plano de uso e ocupação do solo, sendo que a área deve apresentar condições favoráveis de estabilidade ambiental, social e estética com seu entorno. O autor salienta que para a recuperação de áreas degradadas em mineração é necessário um conjunto de métodos aplicados para atenuar ou amenizar os efeitos da degradação ambiental.

De forma mais objetiva, o Decreto Federal 97.632/89 incorpora em sua norma o conceito de reabilitação e recuperação, fazendo deste o conceito mais usual (BELTRÃO, 2009).

Para Reis (2006) a sugestão de perda das características físicas originais do solo, água e da biota implica na obrigação da recuperação das áreas degradadas mediante um planejamento e avaliação ambiental que deve ser respeitada.

Geralmente a recuperação de áreas degradadas pelo setor mineral parte do princípio de que essas devem ser a aplicação de um conjunto de medidas necessárias a reabilitação do equilíbrio ambiental de uma área através de forma que esta apresente novas condições de uso produtivo através de estabilidade física e química do meio.

Portanto, neste trabalho utilizaremos os termos degradação, para designar áreas que tenham sofrido modificações adversas pela ação antrópica, e recuperação para o planejamento empregado na melhoria das áreas degradadas pela atividade de mineração.

5. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO

Apesar de não afetar grandes extensões de terra a mineração causa perturbações drásticas no ambiente ao remover o material biológico e solos superficiais locais devido à necessidade de escavações profundas (REIS, 2006).

A manipulação do meio ambiente e exploração dos recursos naturais alteram a dinâmica da paisagem e equilíbrio dos ecossistemas, e geram impactos muitas vezes irreversíveis, direta ou indiretamente, ao subsolo (rochas e aquíferos) e solos, rios, flora, fauna e o próprio homem. Fatores como supressão da vegetação, perturbação do ecossistema, comprometimento da qualidade e vazão hídrica, erosão de solos e proliferação de pragas e doenças podem ser consequências de impactos ambientais causados pela exploração mineral. Alguns dos principais impactos da atividade são a deposição de rejeitos oriundos do beneficiamento do minério e a deposição de material estéril ou inerte decorrente do decapeamento superficial (IBRAM, 2010).

Para gerenciar e evitar esse quadro de degradação é necessário que sejam realizados estudos prévios sobre os impactos causados pela exploração mineral assim como deve ser elaborado um plano de recuperação de áreas degradadas visando o posterior retorno do equilíbrio natural.

Uma das primeiras experiências de recuperação de áreas degradadas pela mineração ocorreu em 1960 na Europa e América do Norte, quando a população manifestou sua preocupação com a quantidade e extensão da lavra oriunda da exploração de carvão mineral. Porém foi a partir de 1970 que, diante do início da preocupação dos países mais desenvolvidos acerca da possibilidade de esgotamento dos recursos

naturais, se despertou também para a necessidade da conscientização ambiental. Foi a partir dessa década que se percebeu que o avanço econômico só continuaria a ocorrer e a contribuir para o bem estar social diante de um maior comprometimento com o meio ambiente.

Já em 1980, cientistas, políticos, empresários dentre outros segmentos engajados na causa ambiental, deram início a política global de gestão ambiental, a qual defendia o equilíbrio dos ecossistemas através do desenvolvimento sustentável. A partir de então, os agentes responsáveis por impactos ambientais se viram obrigados a recuperar os ecossistemas e os ambientes alterados por atividades antrópicas.

Reis (2006) afirma que até 1974 no Brasil as áreas degradadas pelas atividades de mineração eram abandonadas sem nenhuma preocupação de reabilitação do empreendedor. Porém, a partir dessa mesma década, algumas mineradoras começaram a se preocupar com a recuperação das áreas degradadas em minas de minério de ferro de Belo Horizonte - MG, e bauxita no rio Trombetas - PA e em Poços de Caldas - MG. Apesar das iniciativas pontuais ainda perduravam as práticas de abandono das áreas degradadas.

Foi através da lei 6938/81 da Constituição Federal que houve a normatização das atividades minerais através de vários instrumentos legais. De acordo com a Lei 6938/81, que regulamenta a Política Nacional do Meio Ambiente, para que haja o

licenciamento ambiental de qualquer atividade de extração mineral, deve-se fazer o Estudo de Impactos Ambientais – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Estes relatórios devem ser apresentados aos órgãos ambientais competentes e logo, discutidos em audiência pública entre a coletividade, e deverão conter, além de toda caracterização do empreendimento, uma pesquisa minuciosa sobre a área afetada e todo o seu entorno, medidas preventivas, mitigadoras e de recuperação dos impactos ambientais (BELTRÃO, 2009).

Além do EIA/RIMA, de acordo com o Decreto 97632/89, as empresas de mineração precisam apresentar um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD anual, contendo: Cronograma de trabalhos, previsão de recursos e finanças definidas, informações do empreendimento, caracterizações físicas, localização geográfica e legislação vigente com um cronograma de trabalhos e previsão de recursos e finanças. Este relatório deveria ainda referir-se aos objetivos e compromissos do empreendedor, avaliações dos impactos e identificação dos processos de degradação, descrição dos métodos, procedimentos técnicos, programa de monitoramento e manutenção das medidas implantadas, análise e alternativas de uso futuro pós-mineração (BELTRÃO, 2009; e FARIAS, 2002).

Após recorrer aos instrumentos legais já citados, o empreendedor receberia as devidas licenças - licença prévia, de instalação e operação - e poderia enfim, iniciar o

processo de exploração mineral, sabendo que é de responsabilidade e dever da empresa arcar com o desenvolvimento do PRAD (BELTRÃO, 2009). Ainda, caberia a mineradora aproximar-se da comunidade local visando informar e esclarecer sobre dúvidas do empreendimento (FARIAS, 2002).

Além dos instrumentos legais citados, existem várias normas técnicas (NBR) com indicadores ambientais específicos para auxiliar na avaliação dos impactos causados pela exploração mineral. Essas normas dispõem sobre processos de gerenciamento dos impactos e seus efeitos ambientais. Algumas delas são: NBR 12649/92 - Caracterização de cargas poluidoras na mineração – Procedimento; NBR 9897/87 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; NBR 10157/87 - Aterros de resíduos perigosos, critérios, para projeto, construção e operação; NBR 13029/2006 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição estéril, em pilha, em mineração; NBR 13028/93 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração; e a norma NBR 13030/99 - Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração - propõem um roteiro sintetizado contendo itens necessários para a elaboração de planos de recuperação (FARIAS, 2002; e REIS, 2006).

A partir de 1992, com o SINDRAC-Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas

Degradadas- iniciou-se uma maior preocupação ecologicamente estratégica com a utilização do meio ambiente e a recuperação de áreas degradadas. O objetivo do simpósio foi promover o conhecimento de práticas que capazes de restabelecer sistematicamente o equilíbrio do ambiente através da contribuição integrada de diversas linhas de estudo (REIS, 2006).

No caso da mineração, a viabilidade de recuperação da área degradada geralmente ocorre a partir da desativação total ou parcial do empreendimento, que pode ocorrer por diversos motivos: Exaustão das jazidas, obsolescência da empresa, falta de mercado ou por decorrência de impactos ambientais que estejam comprometendo rapidamente os ecossistemas e a relação do meio com a comunidade (FARIAS, 2002)

Os procedimentos de avaliação de áreas degradadas se tornam cada vez mais específicos em função das diferentes naturezas da exploração mineral e suas exigências legais. Após o reconhecimento das áreas degradadas, cabe ao corpo técnico escolher e empregar os método e técnicas adequadas ao cumprimento dos objetivos traçados pelo plano de recuperação traçado pela avaliação realizada (BITAR, 1997; e BELTRÃO, 2009).

6. PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO

Ao planejar as atividades de recuperação nas áreas degradadas, os métodos

de implementação serão avaliados junto à análise da degradação ambiental. As medidas de recuperação visam corrigir os impactos ambientais negativos originados da exploração mineral através de soluções estudadas junto às condições de adequação daquele ambiente. Para isso as pesquisas são embasadas em literaturas e relatórios técnicos, observações de campo onde vários aspectos são abordados, dentre eles a caracterização do meio físico, biótico e sócio-econômico do local (BITAR, 1997).

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) ocorre antes da implantação do empreendimento a fim de prever a desativação das atividades e reabilitação dos terrenos (BELTRÃO, 2009). Assim, o empreendimento assume o compromisso de só encerrar as atividades e o monitoramento da área quando neste existir condições naturais de equilíbrio entre os solos, a flora e a fauna. Tais condições do ambiente devem ser periodicamente assistidas por um programa de monitoramento ambiental que deve contar no PRAD (BITAR, 1997; e REIS, 2006).

Nos últimos anos os empreendimentos de exploração mineral têm apresentado em seus projetos planos de minimização de impactos ambientais, medidas mitigadoras e planos de recuperação com práticas cada vez mais avançadas e específicas sobre os diversos aspectos ecológicos. De acordo com Bitar (1997), o planejamento dessa atividade deve sempre constar de duas metas primárias:

- a) A recuperação provisória do terreno, para enquanto seu uso final não for decidido.
- b) A recuperação definitiva da área, para quando o uso adequado já estiver definido.

Os métodos são selecionados de acordo com alternativas disponíveis e viáveis para corrigir ou estabilizar o processo de degradação. Determinadas áreas requerem medidas específicas de recuperação, como as áreas lavradas, áreas de disposição de resíduos sólidos e as áreas de infra-estruturas e circunvizinhas (REIS, 2006). Bitar (1997) aponta para três grandes conjuntos de alternativas de recuperação: revegetação, geotecnologia e remediação.

Algumas medidas de recuperação são executadas junto ao plano de operação da mineração, outras são executadas como medidas de remediação da degradação de um local, e outras são aplicadas após a finalização das atividades da mina para que esta não deixe passivos ambientais (FARIAS, 2002; e REIS, 2006).

No Brasil, técnicas de revegetação são utilizadas por empresas de grande porte desde a década de 70. A revegetação pode envolver tanto o desenvolvimento de espécies vegetais de forma pontual como também a implantação de reflorestamento extensivo para fins de preservação, conservação ambiental ou mesmo para gerar condições de repovoamento da fauna e regeneração do ecossistema original

através da revegetação o solo restabelece sua produção biológica, além de reduzir os processos erosivos, criar estabilidade nos terrenos, proteger os recursos hídricos e reintegrar a paisagem (BITAR, 1997).

As medidas de geotecnologia visam à estabilização física do ambiente e podem envolver desde medidas simples até obras de engenharia complexas. As medidas geotécnicas são utilizadas de acordo com o contexto geológico, geomorfológico e tipos de uso dos solos existentes no local de atividade. Pode-se citar como exemplo a terraplanagem, a contenção de taludes, os sistemas de drenagem e a retenção de sedimentos (BITAR, 1997).

Já a remediação envolve o desenvolvimento de técnicas de tratamento para substâncias químicas contaminantes gerados pela atividade mineral e visam eliminar, neutralizar, imobilizar, confinar ou transformar estas substâncias geradas pela atividade, de maneira que esta não contamine o ambiente. Este tratamento geralmente é feito “in situ” através de processos químicos e podem muitos vezes envolver processos físicos e biológicos. Algumas técnicas utilizadas são a incineração, verificação da ozonização, polimerização, oxidação, redução (BITAR, 1997; REIS, 2006).

Além das técnicas citadas, o empreendimento deve desenvolver um programa de monitoramento durante e após a aplicação das medidas de recuperação no intuito de inspecionar periodicamente se a

meta de recuperação da área será alcançada. Para isso são estabelecidos indicadores ambientais de qualidade e desempenho de acordo com as normas legais (REIS, 2006; AUMOND, 2007).

A destinação futura das áreas reabilitadas pós atividades minerais dependem de iniciativas e interesses estaduais ou municipais, portanto, geralmente não fazem parte do planejamento de recuperação executado pelo empreendimento. Algumas possibilidades de ocupação e aproveitamento são para o lazer, pastagem, habitação, disposição de resíduos, agricultura, piscicultura, reflorestamento, comércio e indústria. Porém, todas essas alternativas de uso depende do tipo de minério explorado no local, do incentivo e interesse governamental e do planejamento de recuperação executado pela empresa (BITAR, 1997).

No Brasil existem exemplos de áreas mineradas que ao serem recuperadas tiveram destinação social. Algumas vezes esses locais são utilizados por formas temporárias de uso como pátios de obra ou campos de futebol, outras apresentam planos estratégicos de ocupação para a população como é o caso do Parque Cidade de Toronto em São Paulo (BITAR, 1997).

7. GEOSSSITEMAS E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO

A recuperação de áreas degradadas por mineração deve desenvolver medidas de

reestruturação e reabilitação das condições naturais originais dos ambientes degradados através de estudos interdisciplinares (BITAR, 1997). Para isso, é necessário conhecer a complexidade de todo o ambiente onde a área degradada está inserida, sua gênese, expressão e interações no espaço e tempo.

Por seu caráter holístico a análise dos geossistemas é uma forma eficaz de compreender e atuar na organização desse espaço geográfico. Adotar esta concepção implica na consideração prévia de que todos os eventos são relevantes e, portanto, devem ser analisados a partir do cruzamento e interpretação de todos os fenômenos em conjunto (TROPPMAIR, 2004).

Após o estudo especializado do ambiente, deve-se elaborar uma análise sintética do local de pesquisa a partir de mapas temáticos e textos científicos com abordagens transdisciplinares (ROSS, 2006). A identificação de diferenças e semelhanças dos vários aspectos naturais e antrópicos em um local ou região são os primeiros passos para a avaliação dos geossistemas. Ao interpretar e localizar estruturas ambientais mais ou menos homogêneas deve-se considerá-lo como um sistema complexo e analisar a integração de suas variáveis num recorte determinado em um espaço e tempo.

As medidas de recuperação envolvem um planejamento estratégico onde os métodos adotados devem ser considerados junto a uma avaliação ambiental prévia e pós as atividades (REIS, 2006). A análise integrada e

sistemática dos dados costuma ser um método bastante empregado em estudos científicos e relatórios de avaliação ambiental, como os de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE dentre outros (ROSS, 2006). No entanto, observa-se com frequência uma grande dificuldade em analisar sistematicamente as informações dos meio abiótico, biótico e social.

Na análise dos geossistemas é necessário identificar os ambientes através de uma visão mais horizontal do que vertical para que se consiga uma percepção mais ampla (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004). Não se pode ignorar a complexidade das inter e intra relações, portanto, para identificar um geossistema deve-se busca características que permitam a distinção da paisagem em relação a outras áreas, seja pela sua morfologia ou dinâmica. A distinção de um ambiente em relação a outro depende da escala e dos critérios utilizados para se agrupar eventos e feições.

Nascimento e Sampaio (2004) propõem a prévia identificação e delimitação da distribuição dos fenômenos no espaço como medidas para assegurar a qualidade de classificação dos geossistemas. Utilizando dos conceitos de sistemas dinâmicos complexos em sua área de estudo, Aumond (2007) realizou a avaliação da recuperação de uma área degradada por uma mineração. Após a

caracterização do meio físico e dos aspectos sócio-econômicos da área, o autor criou um modelo ecológico capaz de representar todos os subsistemas que interagiam e interferiam no sistema local (AUMOND, 2007).

Para analisar integralmente todos os subsistemas no modelo ecológico foi necessário classificar os componentes através da criação de uma matriz de intensidade dos fenômenos e suas relações. A modelagem dos atributos abióticos, bióticos e antrópicos, consideraram a variação de indicadores ambientais para avaliar a dinâmica dos eventos de cada subconjunto dentro um sistema maior e conexo. Uma figura ilustrativa do modelo ecológico foi elaborada pelo autor para melhor visualização do sistema e suas interações (AUMOND, 2007):

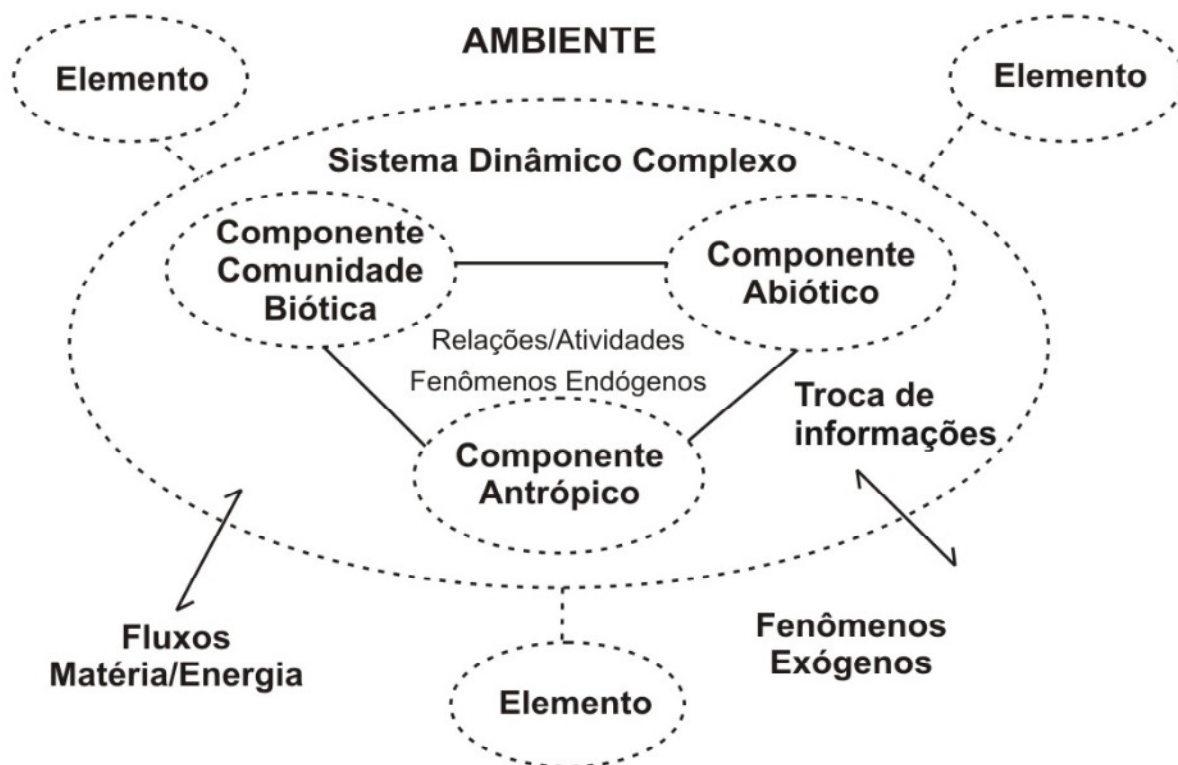


Figura 1 – Representação de um sistema dinâmico complexo. Fonte: Aumond, 2007.

O modelo ecológico foi capaz de representar a evolução do geossistemas a partir do monitoramento de indicadores ambientais e da análise integrada das variáveis criando subsídios concretos para o monitoramento da recuperação das áreas degradadas pela mineração de argila (AUMONT, 2007).

Além do monitoramento é possível identificar possíveis alterações nos indicadores ambientais possibilitando que o empreendimento se antecipe quanto a evolução de processos irregularidade que poderiam desencadear danos durante o processo de recuperação da área. Tal constatação implica, naturalmente, numa revisão do plano de recuperação, que precisa ser constantemente reavaliado através do gerenciamento dos processos de entrada e

saída de energia do geossistema e seus subsistemas.

Para Ross (2006), a análise dos sistemas ambientais vai de acordo com o desenvolvimento sustentável, sendo esse o próprio planejamento ambiental aplicado ao gerenciamento e uso racional das potencialidades e fragilidades naturais da região. Nessa perspectiva, quando representa e acompanha os processos ambientais estruturadores e modificadores de um geossistema, o planejamento da recuperação de áreas degradadas consegue cumprir o objetivo preliminar do desenvolvimento sustentável que a sociedade almeja.

8. CONCLUSÃO

A partir dos trabalhos consultados pôde-se constatar que grande parte das medidas de recuperação desenvolvidas em áreas degradadas por mineração ainda são aplicadas isoladamente, desconsiderando as interações complexas do meio no espaço geográfico. Esse fato evidencia a pertinência das pesquisas sobre os geossistemas para a elaboração de um plano de recuperação e manejo de áreas degradadas.

Verificou-se, com base nas referências literárias citadas ao longo da pesquisa, que a análise dos geossistemas têm auxiliado na compreensão da complexidade e dinâmica dos fenômenos ambientais. Os Geossistemas ilustram a influência das pequenas partes no todo, as potencialidades e fragilidades naturais, as interferências antrópicas e a existência de vulnerabilidade aos riscos acarretados (ou acrescidos) pelas formas que o homem se apropria do meio.

Além de possibilitar uma maior compreensão do ambiente, a análise dos geossistemas pode subsidiar a avaliação dos próprios planos de recuperação de áreas degradadas por mineração pois, através da representação complexa e evolutiva de um ambiente monitorado e manejado, é possível visualizar o desencadeamento das alterações em cada parte do sistema compreendendo ainda se houve ou haverá uma ruptura ou descontinuidade na recuperação da área. Sabendo disso, verifica-se o quão importante é o entendimento do todo, e a não

desconsideração de fatores pontuais durante as observações. Por estes motivos é que o planejamento deve ser constantemente reavaliado, no intuito de saber se o objetivo proposto no início do programa, de restabelecer a estabilidade ambiental, será realmente atingido.

Apesar do emprego do termo ainda ser bastante tímido, sobretudo no que tange recuperação de áreas degradadas pela exploração mineral, a análise geossistêmica têm colaborado para a recuperação de áreas. Importante salientar que a análise dos geossistemas, para recuperação de áreas degradadas ou para qualquer outro fim, deve considerar a sociedade, sua cultura e meios de produção como um subsistema atuante e transformador do espaço, reconhecendo ainda que o setor econômico e as leis ambientais vigentes mostram-se cada vez mais veementes frente às questões ambientais contemporâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUMOND, J. J. **Adoção de uma nova abordagem para recuperação de área degradada por mineração**. 2007. 266 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BRASIL. **Lei N° 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=1&ano=1981> Acesso em: 08 de junho de 2009.

BRASIL MINERAL. **Edição Especial Mineração e Meio Ambiente**, nº 228, Junho de 2004.

Disponível em

<<http://brasil.infomine.com/suppliers/listings/16946.asp>> Acesso em: 05 de outubro de 2009.

BELTRÃO, A. F. G. **Curso de Direito Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Editora Método. 2009. 477 p.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. 13º Caderno de Ciência da Terra. São Paulo, USP-IG. p. 13-27, 1971.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, 1997.

CARPANEZZI, A. A. Benefícios indiretos da floresta. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo: Embrapa-Florestas, 2000, p. 19-56.

CARVALHO, R. P. B.; NERES, L. C. A. **O Estudo do Geossistema na Avaliação de Áreas Degradadas por Mineração**. 2009. 41 f. Monografia (Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental). Instituto de Educação Continuada – IEC, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC/Minas. Belo Horizonte.

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 3d. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 256 p.

DOWN, C. G.; STOCKS, J. **Environmental impact of mining**. New York: John Wiley, 1977. 371 p.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. 2002. Relatório

Preparado para CGEE- PNUD. São Paulo. Disponível em

<<http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo01102.pdf>> Acesso em: 12 de maio de 2011.

FERREIRA, A.; VIEIRA, G.; JANSEN, J. **Metodologias de Análise e de Classificação das Paisagens: O exemplo do projeto Estrela**. Finisterra, XXVI, 72, 2001, pp. 157-178.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 5º edição. 2010. Disponível <<http://www.ibram.org.br/>> Acesso em 18 de abril de 2011.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem**. Revista da Casa da Geografia de Sobral. v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2004/2005.

REIS, L. L. **Monitoramento da Recuperação Ambiental de Áreas de Mineração de Bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas (PA)**. 2006. 159f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia Seropédica, RJ. 2006.

ROSS, J. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para o Planejamento Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SILVA, C. M. M. **Estudos de alternativas de reabilitação para áreas degradadas por minerações de argila bentonítica de Boa Vista, Campina Grande, PB**. São Paulo, 1995. 129f. Dissertação (Mestrado). Universidade Politécnica, Universidade de São Paulo, 1995.

TOY, T. J.; HADLEY, R. F. **Geomorfology and reclamation of disturbed land**. London: Academic Press, 1987, 480 p.

TROPPMAIR, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas e ecologia da paisagem.** Rio Claro: Helmut Troppmair. 2004, p.107.

WILLIAMS, D. D. BUGIN, A.; REIA, J. L. B., coords. **Manual de Recuperação de áreas Degradadas pela Mineração:** Técnicas de Revegetação. Brasil: IBAMA, 1990. 96 p.

1 - Mestranda do curso de Pós Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, 2011.