



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1806-9193

Setembro, 2006

Documentos 161

versão
ON-LINE

Relatório de Reunião Técnica

Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto

**José Maria Filippini Alba
Clênio Nailto Pillon
Adalberto Koiti Miura**

Pelotas, RS
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 km 78

Caixa Postal 403 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275 8199

Fax: (53) 3275-8219 / 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Claudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luis Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Ana Luiza Barragana Viegas

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Fotos da capa: Acervo Embrapa Clima Temperado (Projeto Xisto)

Arte da capa: Oscar Castro / Ana Paula Mesquita (estagiária)

1ª edição

1ª impressão 2006: 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto (2005: São Mateus do Sul, PR). Relatório de reunião técnica / editores, José Maria Filippini Alba, Clênio Nailto Pillon, Adalberto Koiti Miura. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 45 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 161).

ISSN 1806-9193

Área degradada - Reabilitação - Matéria orgânica - Xisto - Extração - Qualidade ambiental - Bioindicador. I. Alba, José Maria Filippini, coord. II. Título. III. Série.

CDD 333.714

Autores

Antonio Sálvio Mangrich

Dr., Universidade Federal do Paraná,
Departamento de Química, Curitiba - PR
Cx. Postal 19081, 81531-990
mangrich@quimica.ufpr.br

Avílio Antônio Franco

Dr., Pesquisador, Embrapa Agrobiologia
BR 465, km 7, Seropédica, RJ
23890-000, Telef.:21-26821500
avilio@cnpab.embrapa.br

Claudio Costa Neto

Dr., Universidade Federal de Rio de Janeiro,
Instituto de Química - DQO. Centro de
Tecnologia, Bloco A, Ilha do Fundão, Cidade
Universitária, 21949900 Rio de Janeiro, RJ
Telef.: (21) 3590-0990,
ccostaneto@terra.com.br

Eduardo F. Carneiro Campello

Dr., Pesquisador, Embrapa Agrobiologia, BR
465, km 7, Seropédica, RJ
23890-000, Telef.:21-26821500
campello@cnpab.embrapa.br

Gustavo Bessa de Nogueira Dias

Eng., Assessor, Cia. Vale do Rio Doce,
Av. Graça Aranha, 26, Cx. Postal 2414
20005-900, Rio de Janeiro, RJ
Telef.: 021-32724719

Hildebrando Herrmann

Dr., Professor, Instituto de Geociências,
Unicamp, Cx. Postal 6152
13083-970 Campinas, SP
herrmann@ige.unicamp.br

James Jackson Griffith

Dr., Professor Titular, Departamento de
Engenharia Florestal, Universidade Federal de
Viçosa, Bolsista do CNPq, Viçosa, MG - Brasil
griffith@ufv.br

José M. Filippini Alba

Dr., Pesquisador, Embrapa Clima Temperado,
BR 392, km 78, Pelotas, RS. Cx. Postal 403
96001-970, fili@cpact.embrapa.br

Júlio Skalski Junior

Eng., Gestor Ambiental, Petrobras - Unidade
de Negócio da Industrialização do Xisto -
Gerência de Mineração. 83900-000
São Mateus do Sul, PR
Telefone 42-3520-7373
julio.contratec@petrobras.com.br

Luis Enrique Sanchez

Dr., Prof., Escola Politécnica - USP, Av. Prof.
Mello Moraes, 2373, Cidade Universitária,
05508-900-São Paulo, SP. lsanchez@usp.br

Marcos Back

M.Sc., Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - IPAT, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105 - 88806.000 - Criciúma, SC
mba@unesc.net

Omar Yazbek Bitar

Dr., Pesquisador, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, 05508-901 São Paulo, SP. omar@ipt.br

Robson dos Santos

Dr., Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105 - 88806.000 Criciúma - SC, rsa@unesc.net

Sebastião Pinheiro

Eng., Professor, UFRGS. Rua Coronel Corte Real, 735, apto. 201, 90630-080, Porto Alegre, RS. juquira@yahoo.com

Sueli Yoshinaga Pereira

Dra., Professora, Instituto de Geociências, UNICAMP, Cx. Postal 6152
13083-970 - Campinas, SP
suelyos@ige.unicamp.br

Terrence Joseph Toy

Dr., Pesquisador Visitante - CNPq
Universidade Federal de Viçosa (1999),
Professor Titular, Departamento de Geografia,
Universidade de Denver, Colorado, EUA

Valmor N. Vieira

Eng., Petrobras, Unidade de Negócio do Xisto,
Cx. Postal 28, 83900-000
São Mateus do Sul, PR
valmorvieira@petrobras.com.br

Vanilde Citadini-Zanette

Dra., Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Universidade do Extremo Sul
Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105
88806.000 - Criciúma, SC. vcz@unesc.net

Apresentação

Este documento descreve as atividades do Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto, realizado no período de 22 e 23 de Novembro de 2005 em São Mateus do Sul - PR, no marco do projeto Xisto Agrícola (Petrobras - Unidade de Negócios de Industrialização do Xisto - SIX / Embrapa Clima Temperado - CPACT), direcionado para a produção de insumos agrícolas à base de derivados de xisto.

A Petrobras - SIX é pioneira em recuperação de áreas degradadas, iniciando suas atividades na década de 70, anos antes da criação da obrigação legal (Constituição Federal, 1988). O plano de recuperação aplicado envolve o preenchimento das cavas de mineração com os materiais explorados, a acomodação de camadas de argila e solo no topo, o ajuste da topografia e a revegetação com plantas nativas e alóctones. Os procedimentos aplicados evoluíram desde sua origem e significam, sem dúvidas, uma atenuação dos impactos ambientais derivados do procedimento de mineração. Permanecem, no entanto, questionamentos em relação ao reestabelecimento do equilíbrio químico e ecológico.

O evento, coordenado pela Embrapa Clima Temperado, visou expor e discutir aspectos genéricos da recuperação de áreas degradadas com a comunidade técnico-científica regional, tendo

como foco o plano de ação da Petrobras - SIX. Participaram pesquisadores de universidades (UCS, UFPEL, UFPR, UFRJ, UFV, UNESC, Unicamp, Unisinos e USP), de empresas técnicas ou de pesquisa (CVRD, Embrapa, Iapar, IPT e Petrobras), incluindo as empresas tercerizadas pela Petrobras - SIX (BSL, Contratec e Engevix) e uma entidade de desenvolvimento regional (Adecsul). Nos dois dias de duração do evento, foram apresentadas palestras sobre o assunto, realizou-se uma visita à mina e às áreas recuperadas e discutiram-se os procedimentos atuais, com sugestão de aprimoramentos.

O presente relatório é uma síntese descritiva do evento, envolvendo os resumos das palestras e um texto reproduzindo a discussão metodológica (debate). Paralelamente, as palestras foram gravadas em versão digital e incorporadas a um disco flexível de circulação restrita. Será editado um livro com trabalhos dos participantes, na forma de artigos completos. Considera-se que os objetivos delineados foram atingidos e espera-se incrementar o nível de interação entre os participantes, de maneira que novos projetos e empreendimentos possam ser desenvolvidos.

João Carlos Costa Gomes
Chefe- Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Relatório de Reunião Técnica - Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto	11
Introdução	11
Local do evento	13
Estrutura do evento	13
Participantes e patrocinadores	14
Metodologia	14
Resultados	15
Apresentação das palestras	15
Visita Técnica à mina e às áreas de recuperação da Petrobras- SIX	17
Síntese da Discussão Metodológica (Debate Final).	18
Considerações finais	20
Referências Bibliográficas	21

ANEXOS	23
ANEXO I: Programação do Workshop	23
ANEXO II: Lista de participantes	26
ANEXO III: Resumos das palestras	28

Relatório de Reunião Técnica

Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto

**José Maria Filippini Alba
Clênio Nailto Pillon
Adalberto Koiti Miura**

Introdução

A Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto - SIX, localizada em São Mateus do Sul - PR, apresenta uma situação peculiar no marco do sistema Petrobras, pois explora uma forma sólida de matéria orgânica (querogênio), que ocorre em uma rocha sedimentar, o folhelho pirobetuminoso da Formação Irati. Assim, a empresa desenvolve atividades de mineração, de refino e, em conseqüência, de recuperação de áreas degradadas.

O querogênio é uma mistura complexa de compostos orgânicos de elevado peso molecular, considerado precursor do petróleo. A extração do querogênio se realiza através da pirólise do folhelho, ou seja, aquecimento no intervalo 200 - 500 °C em atmosfera inerte (sem oxigênio), derivando em uma massa de gás e vapor que é fracionada por condensação, dando lugar aos seguintes produtos: uma solução aquosa (água de xisto), óleo combustível, nafta, gás combustível, gás liquefeito e enxofre (Chaves, 1975).

Os folhelhos são rochas sedimentares de granulação fina com tendência a se dividir em folhas, segundo a estratificação (Leinz & Leonardos, 1977). A palavra pirobetuminoso se refere ao elevado conteúdo de querogênio dessa rocha. No âmbito comercial é comum substituir a expressão "folhelho

pirobetuminoso” por “xisto betuminoso”.

A recuperação de áreas degradadas por mineração é uma imposição legal, inserida na Constituição Federal de 1988 (Artigo 225): “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. Trata-se de uma atividade em franca expansão no Brasil, que envolve profissionais de diversas áreas, como Agronomia, Biologia, Direito, Florestação, Geologia, Geomorfologia e Veterinária (Simpósio, 1994).

O evento “Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto” foi inserido no marco do Projeto Xisto Agrícola (Embrapa Clima Temperado / Petrobras – SIX), em função dos diversos aspectos comuns que apresentam ambos empreendimentos. O principal objetivo desse projeto é a geração de insumos agrícolas derivados da cadeia produtiva do xisto, sendo necessário caracterizar os materiais e avaliar sua segurança ambiental e alimentar. Em função do enfoque multidisciplinar da recuperação de áreas degradadas, os especialistas do assunto poderão subsidiar o projeto, por exemplo, no relativo a taxas de transferência xisto-solo-água, proteção da natureza, impacto ambiental e drenagem ácida. No entanto, destaca-se que existe uma diferença substancial na forma de aplicação dos derivados de xisto nessas duas situações, em função das quantias ínfimas usadas no caso da agricultura em comparação com às movimentadas pela mineração, diretamente relacionadas à recuperação de áreas degradadas.

Especialistas das mencionadas áreas reuniram-se durante dois dias, para discutir aspectos gerais da recuperação de áreas degradadas, expor casos históricos e analisar o plano de recuperação de áreas degradadas da Petrobras - SIX, iniciado na década de 70 (Ballão & Skalski, 2003).

Antecedentes dos estudos desenvolvidos pela Petrobras - SIX, em parceria com outras instituições, relativos às áreas

recuperadas, são os monitoramentos realizados nas proximidades do Lago Sul (Porto Alegre & Bittencourt, 1994; Bollmann & Dandolini, 1997; Cordeiro, 1997, Mangrich et al., 1997; Nascimento, 1997; Shirata et al., 1997; Shirata e Ludwing, 1997) e diversas dissertações sobre aspectos hidrogeoquímicos (Porto Alegre, 1995) ou da recuperação do solo nas áreas mineradas por xisto (Lucchesi, 1988; Motta Neto, 1995).

Local do evento

São Mateus do Sul é uma cidade de aproximadamente 36 mil habitantes, fundada em 1908 por imigrantes alemães, poloneses e ucranianos, localizada no Estado de Paraná, a 150 km a sudoeste de Curitiba. O PIB do município se reparte entre três setores: (i) agricultura (17%), (ii) indústria (31%) e (iii) serviços (52%).

A escolha da cidade foi definida em função do caráter compacto e específico do evento e pela necessidade de repasse de informações sobre o processo de industrialização do xisto para os especialistas convidados, incluindo a visita à Unidade para conferir a mina e as áreas recuperadas.

Estrutura do evento

O evento foi dividido em cinco partes (painéis):

1. Histórico e industrialização do xisto (palestras)
2. Aspectos relacionados à recuperação de áreas degradadas (palestras)
3. Estudos de caso sobre recuperação de áreas degradadas pela mineração (palestras)
4. Visita técnica à Mina, Planta Industrial e Área de Recuperação da SIX.
5. Discussão metodológica (debate aberto).

No anexo I é apresentada a programação do evento.

Participantes e patrocinadores

O evento foi organizado pela Petrobras - SIX e pela Embrapa Clima Temperado, no marco do Projeto Xisto Agrícola, envolvendo também a colaboração da Fundação de Apoio à Pesquisa Edmundo Gastal - FAPEG.

Os participantes (Anexo II) podem ser divididos em três grupos: (1) convidados, de modo geral professores e/ou pesquisadores de entidades de ensino ou pesquisa; (2) representantes e pesquisadores do sistema Petrobrás; (3) bolsistas, estagiários e pesquisadores da Embrapa Clima Temperado. Em relação aos estagiários e bolsistas da Embrapa Clima Temperado, aparecem associados à FAPEG, entidade que rege suas atividades.

Outras instituições participantes foram: BSL, Contratec, CVRD, Embrapa Agrobiologia, Engevix, Iapar, IPT, Petrobras, UCS, UFPEL, UFPR, UFRJ, UFV, UNESC, Unicamp, Unisinos e USP. O Instituto Ambiental do Paraná, a Embrapa Florestas, o Ibama - PR, a Mineropar e a Consultora Ecossistema foram convidados, mas não enviaram representantes.

Metodologia

As reuniões de especialistas representam um método de avaliação de impactos ambientais (Juchem, 1995), tema vinculado ao de recuperação de áreas degradadas. Neste sentido, foi organizado o workshop, levando em consideração o caráter multidisciplinar do assunto. As palestras iniciais e a visita à mina e às áreas degradadas pretenderam introduzir os participantes no processo de exploração - industrialização do xisto e de recuperação de áreas degradadas. As outras palestras abordaram aspectos genéricos da recuperação de áreas degradadas e estudos de caso relacionados com mineração.

Dessa maneira, foi promovido um ambiente de discussão geral que permitiu avaliar as metodologias atuais sobre o assunto e aprimorar/validar as atividades desenvolvidas no âmbito da Petrobras – SIX.

Resultados

Apresentação das palestras

No Anexo III são apresentados os resumos das palestras do evento, na tentativa de fornecer um panorama geral sobre os assuntos tratados, sem entrar em detalhes específicos, que superariam os objetivos do relatório.

O painel I, “Histórico e industrialização do xisto”, foi iniciado com a palestra a cargo de Valmor Vieira, relativa aos produtos gerados pela Petrobras - SIX, ao histórico do processo de exploração, iniciado por empreendedores particulares, finalizando com dados sobre a atuação ambiental e de responsabilidade social da empresa, envolvendo também as áreas degradadas. Posteriormente, Claudio Costa Neto palestrou sobre a potencialidade dos produtos derivados do xisto para agricultura e sobre os benefícios e riscos envolvidos nesse processo. Assim, foi estabelecido um nexu entre o projeto Xisto Agrícola e o evento em questão.

A palestra de Júlio Skalski centralizou as atenções, pois descreveu os procedimentos de recuperação aplicados na Petrobras - SIX. O procedimento atual obedece à seguinte lista de ações (Ballão & Skalski, 2003):

- (1) Preenchimento da cava com camadas alternadas de xisto retornado e calxisto, além de materiais de descarte (camadas inferiores).
- (2) Disposição de camada de argila vermelha de espessura variável.
- (3) Disposição de uma camada de solo, de materiais procedentes

dos horizontes A e B originais (misturados).

(4) Adequação da topografia e correção do nível freático.

(5) Revegetação.

A seqüência de ações foi modificada no decorrer do tempo, através de um processo de tentativa e erro, assim, áreas antigas possuem um manejo diferente, por exemplo, sem a disposição das camadas de argila e solos.

Antônio S. Mangrich apresentou uma visão diferente sobre o diagnóstico de áreas degradadas, baseado na análise dos teores de matéria orgânica em águas superficiais da Petrobras – SIX e da Bacia de Paranaguá. Os ácidos húmicos e fúlvicos funcionariam como armadilhas de elementos traços (agentes complexantes), permitindo diferenciar águas inócuas de aquelas contaminadas.

Nesse primeiro dia, no período da tarde foi realizada a visita técnica à mina e às áreas recuperadas, segundo se descreve na próxima seção.

O segundo dia do evento foi iniciado com o painel “Aspectos genéricos relacionados com a recuperação de áreas degradadas”. A primeira palestra foi de James Griffith, que apresentou um modelo conceitual que incorpora aspectos físicos e sociais na recuperação ambiental. Luis E. Sanchez palestrou sobre planejamento e gestão na recuperação de áreas degradadas, mostrando a necessidade de coordenar as atividades antecipadamente ao fechamento da mina, de forma independente à data que esse fato venha acontecer. Foi destacado que o processo de recuperação deverá ser desenvolvido até que “a natureza consiga dar continuidade”, sem a ocorrência de passivos ambientais. A palestra de Hildebrando Herrmann foi direcionada para os aspectos legais do processo. O impacto na água subterrânea pela drenagem ácida, aspecto mencionado em várias palestras, foi o assunto tratado por Sueli Y. Pereira. Na última palestra do painel, Sebastião Pinheiro

mostrou como a biomineralização dos solos poderá contribuir no aprimoramento do processo de recuperação.

O último painel de palestras focou em estudos de caso relacionados com mineração, sendo relatada a experiência da Companhia Vale do Rio Doce (Gustavo Bessa), a revegetação em áreas mineradas por bauxita (Eduardo Campello), a recuperação de áreas degradadas pela mineração na região metropolitana de São Paulo (Omar Bitar) e finalmente a descrição do projeto M relacionado à mineração de carvão em Santa Catarina (Marcos Back/Robson dos Santos). Esse painel pretendeu trazer a experiência de outras empresas ou grupos de pesquisa ao âmbito de discussão do evento.

Visita Técnica à mina e às áreas de recuperação da Petrobras-SIX

A visita representou um momento importante do evento, quando os participantes, alguns pela primeira vez, estabeleceram contato com a realidade física da mina e das áreas recuperadas da Petrobras - SIX, situações contrastantes sob diversos pontos de vista.

Na mina se observa o avanço da frente de lavra, com equipamentos pesados circulando de maneira contínua, como os caminhões *Haupak*, com capacidade de carga de 120 toneladas e a retroescavadeira *Mariom*, que retira a camada de material acima do xisto (capeamento) e o deposita simultaneamente na cava anterior, localizada adjacente à atual. Trata-se de uma situação caótica, com poluição sonora e diversas situações de risco (estabilidade dos paredões, explosões, etc.), fato que deriva em um rigoroso sistema de segurança imposto pela empresa.

Uma situação diferente se observa nas áreas revegetadas, principalmente nas mais antigas, onde o registro da mineração foi quase completamente eliminado e o ambiente transmite uma situação de tranqüilidade e equilíbrio com a natureza. Foi

realizada uma parada nas proximidades do Lago Sul, onde foram introduzidas capivaras através de um programa de recuperação de fauna. Nesse local ocorrem áreas recuperadas de diversas idades e um pequeno fragmento de terreno não minerado, o que permite uma visão comparativa do processo global.

Vários técnicos que participam do programa de recuperação de áreas degradadas da Petrobras – SIX se integraram ao grupo, funcionando como guias e respondendo as perguntas efetuadas pelos participantes.

Síntese da discussão metodológica (debate final)

A discussão metodológica foi inicialmente concebida em grupos temáticos: (1) biosfera; (2) hidrosfera; (3) relevo-solos e; (4) responsabilidade social e ambiental. Porém, em função do número de participantes (Anexo II) e do caráter multidisciplinar do assunto, acabou sendo organizada em um grupo único, que discutiu os procedimentos de recuperação de áreas degradadas de maneira genérica, com foco na Petrobras – SIX, durante aproximadamente duas horas.

Sob o ponto de vista do Projeto Xisto Agrícola, o Workshop deriva em conotações sobre os efeitos do xisto industrializado no ambiente, especificamente, nas águas superficiais e subterrâneas, nos solos e na vegetação.

A Petrobras - SIX acumula 30 anos de experiência no tema, com base em observações empíricas e parcerias com diversas entidades de pesquisa. Houve consenso no que refere à validade do processo desenvolvido, que representa uma atenuação importante dos impactos ambientais gerados pela mineração do xisto.

As principais dúvidas foram direcionadas para qual seria o momento preciso para concluir o processo de recuperação, ou seja, a partir de que estágio a área poderá ser considerada como “recuperada”, sendo posteriormente encaminhada para um novo uso. Os debatedores concordaram sobre a necessidade de

monitoramentos sistemáticos, envolvendo indicadores diversos, e na dificuldade de se estabelecer o estágio original do ambiente (previo à mineração), em função do cunho histórico de antropismo na região.

Foram realizadas diversas sugestões em tal sentido:

1. Necessidade de introduzir espécies intermediárias para facilitar a sucessão vegetal, pois as espécies iniciais, como a bracinga, possuem fenologia muito diferente das implantadas em fases avançadas (Luciana Scur).
2. Possibilidade de usar a área da mina II como referência de estágio anterior à mineração (José E. Dornelles).
3. Usar as propriedades físicas e químicas do solo como indicadores da evolução do processo de recuperação (Clenio N. Pillon e Carlos A. Flores).
4. Até inícios da década de 90 foram realizados estudos sobre o assunto pela Petrobras - SIX em parceria com instituições de pesquisa. Posteriormente, houve uma paralisação, que gerou um vazio de conhecimentos. Em 2005, o projeto Xisto Agrícola está balizando uma retomada desses estudos (Julio Skalski).
5. Necessidade de caracterizar as águas subterrâneas (drenagem ácida) e a estrutura do aquífero modificado pelas atividades antrópicas (Sueli Y. Pereira).
6. As águas superficiais e subterrâneas na área de abrangência da Petrobras - SIX são monitoradas periodicamente, sendo os resultados encaminhados ao órgão de fiscalização ambiental competente (Julio Skalski).
7. O mel elaborado nas colméias instaladas nas áreas em processo de recuperação poderá representar um excelente bioindicador (Sebastião Pinheiro).
8. Potencial para pesquisas direcionadas à descoberta de indicadores representativos da qualidade do processo de recuperação (Valmor N. Vieira e Waldyr Stumpf Jr.).

9. Possibilidade de estabelecer matrizes de categorização com dados fitossociológicos, de maneira a quantificar dados de flora e fauna (Roger da Silva).

Considerações finais

A recuperação de áreas degradadas é um assunto multidisciplinar e dinâmico, que precisa do suporte da pesquisa pura e aplicada, para validar as operações de campo, relativas à acomodação dos materiais, à evolução da vegetação, à recuperação do equilíbrio físico-químico e ecológico, à proteção da natureza e à eliminação de possíveis passivos ambientais.

O processo deve integrar o fechamento da mina, de forma independente ao tempo previsto para esse acontecimento, o que deriva na necessidade de englobar os aspectos legais e técnicos em um sistema de gestão e planificação. A questão da responsabilidade social não envolve unicamente os aspectos ambientais, mas também o futuro da comunidade em relação ao término das atividades.

A necessidade de monitoramentos sistemáticos foi um dos tópicos de convergência entre os participantes do debate. Indicadores ambientais representativos da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, das propriedades e gênese dos solos, da diversidade de espécies de flora e fauna, assim como do crescimento das espécies vegetais deverão ser levantados periodicamente.

Nos mais de 30 anos de atuação no que refere à recuperação de áreas degradadas, a Petrobras - SIX junto a diversas entidades de pesquisa, conquistou um nível invejável de eficiência nos procedimentos aplicados, que sem dúvidas representam uma notável atenuação dos impactos ambientais gerados pelas atividades de mineração. No entanto, houve uma paralização das pesquisas na década de 90, derivando em um predomínio do empirismo para desenvolvimento do processo e avaliação da sua

qualidade, dando lugar à subjetividade e incerteza. Isso abre um leque de possibilidades para novos programas de pesquisa com instituições parceiras, direcionados para uma evolução dos procedimentos de recuperação e de avaliação da sua qualidade. Destaca-se que, embora o custo desse processo seja elevado no começo, em função do nível de eficiência já alcançado, no médio e longo prazo será diluído, principalmente pela completa eliminação de possíveis passivos ambientais.

Referências bibliográficas

BALLÃO, C.S.; SKALSKI, J. **Reabilitação de áreas mineradas e disposição de resíduos nas cavas da Mina**. São Mateus do Sul: Petrobras - SIX, 2003. 21 p. Relatório técnico.

BOLLMANN S., DANDOLINI, D. **Hábitos alimentares dos peixes capturados nos lagos formados pela extração do xisto na SIX/ Petrobras, São Mateus do Sul – PR**. Curitiba: PUC, 1997. Paginação irregular. Relatório técnico.

CHAVES, F.M. **O xisto betuminoso**. Rio de Janeiro: Petrobras, 1975. 45 p.

CORDEIRO A.A.M. **Dinâmica das populações ictiícas naturais em lagos originados da mineração do xisto em São Mateus do Sul - PR**. Curitiba: UFPR, 1997. Paginação irregular. Relatório técnico.

JUCHEN, P.A. (Coord.). **Manual de avaliação de impacto ambiental**. Curitiba: Surehma - GTZ, 1995. Paginação irregular.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. **Glossário geológico**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977. 236 p.

LUCCHESI, L.A. **Influência de sucessões de culturas forrageiras e adubações sobre a recuperação de algumas características de um solo degradado pela mineração do xisto e sobre a sua mesofauna edáfica (Acari e Collembola)**. 1988. 252 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, 1994, Foz de Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. 679 p.

MANGRICH A.S., SILVA L. DA, PORTO-ALEGRE H.K. **Caracterização Química, Térmica e Espectrométrica (EPR, FTIR, UV-vis) de Ácidos Húmicos e de suas interações com metais pesados no monitoramento da área de mineração do xisto.** Curitiba: UFPR, 1997. Paginação irregular. Relatório técnico.

MOTA NETO, J.A. **Avaliação do uso de forrageiras e de adubações na recuperação de propriedades químicas e físicas de um solo degradado pela mineração do xisto.** 1995. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

NASCIMENTO, M. **Estudo preliminar da qualidade físico-química dos lagos artificiais sob influência da mineração do xisto, para piscicultura, em São Mateus do Sul – PR.** Curitiba: PUC, 1997. 27 p. Relatório técnico.

PORTO-ALEGRE H.K. **Aspectos hidroquímicos em área reabilitada na mineração do xisto em São Mateus do Sul - PR, Brasil.** 1995. 192 p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

PORTO ALEGRE, H.K., BITTENCOURT, A. Monitoramento de água subterrânea em área reabilitada na mineração de xisto em São Mateus do Sul, PR. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1994, v. 2, p. 521- 522.

SHIRATA, M.T., KUMMROW, G., KUMMROW, R., IRGANG, B. **Recuperação da área degradada pela mineração do xisto em São Mateus do Sul - PR.** Curitiba: PUC, 1997. Paginação irregular. Relatório técnico.

SHIRATA, M.T., LUDWING, T.A.V. **Recuperação da área degradada pela mineração do xisto em São Mateus do Sul - PR: estudo qualitativo e quantitativo do fitoplâncton.** Curitiba: PUC, 1997. Paginação irregular. Relatório técnico.

ANEXOS

ANEXO I

PROGRAMAÇÃO DO WORKSHOP

Terça-feira 22/11/2005

8h30min: Abertura - representantes da Embrapa e da Petrobras.

Painel: Histórico e Industrialização do Xisto

9h15min: Histórico do processo de industrialização do xisto - Valmor N. Vieira (Petrobras - SIX).

9h45min: Potencialidade da xistoquímica na agricultura - Cláudio Costa Neto (UFRJ).

10h15min: Intervalo.

10h30min: Plano de recuperação de áreas degradadas da SIX - Júlio Skalski (Petrobras - SIX).

11h: Diagnóstico e recuperação de áreas degradadas - Antônio S. Mangrich (UFPR-Consultor Projeto Xisto Agrícola).

11h30min: Plano de reabilitação de áreas degradadas: A experiência da CVRD. - Gustavo Bessa (CVRD)*.

12h: Perguntas/Discussão

12h15min: Almoço

14h: Visita técnica a mina e as áreas de recuperação da Petrobras - SIX

*Palestra deslocada do painel específico (Estudos de caso sobre recuperação de áreas degradadas por mineração).

Quarta-feira - 23/11/2005

Painel: Aspectos relacionados à Recuperação de Áreas Degradadas

8h: Modelo com a incorporação do componente social ao físico para o melhoramento da Recuperação Ambiental - James J. Griffith (UFV)

8h30min: Planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas - Luis E. Sanchez (USP)

9h: Direito ambiental aplicado à mineração - Hildebrando Herrmann (UNICAMP).

9h30min: Impacto na água subterrânea por drenagem ácida - Sueli Y. Pereira (UNICAMP)

10h: Perguntas/Discussão

10h15min: Intervalo

10h30min: Biomineralização de solos como estratégia para a recuperação de áreas degradadas - Sebastião Pinheiro (UFRGS - Consultor do Projeto Xisto Agrícola).

Painel: Estudos de caso sobre recuperação de áreas degradadas por mineração

11h: Revegetação de áreas degradadas por mineração de bauxita - Avilio Franco/Eduardo Campello (Embrapa Agrobiologia).

11h30min: Recuperação de áreas degradadas por mineração em áreas urbanas: o caso da região metropolitana de São Paulo - Omar Yazbek Bitar (IPT).

12h: Reabilitação de áreas degradadas por mineração de carvão - Vanilde Zanette/Marcos Back/Robson dos Santos (UNESC).

12h30min: Perguntas/Discussão

12h40min: Almoço

14h: Discussão Metodológica (encaminhamento de propostas)

17h: Encerramento

ANEXO II

LISTA DE PARTICIPANTES

Nome	Instituição	1ro. Dia	2do. Dia	Debate	Tipo
Adalberto Koiti Miura	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Não	Organização
Akimitsu Fukujima	ADECSUL	Sim	Sim	Não	Participante
Alessandro T. de C. Fonseca	BSL	Sim	Não	Sim	Participante
Alexandre Couto Rodrigues	FAPEG	Sim	Sim	Não	Participante
Andrea Cristina M. Neitzke	Engevix	Sim	Não	Não	Participante
Antônio Costa	IAPAR	Sim	Não	Não	Participante
Antônio Salvio Mangrich	UFPR	Sim	Sim	Não	Palestrante
Bernardo Ueno	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Não	Participante
Carlos Alberto Flores	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Sim	Participante
Carlos J. Carvalho	Contratec	Não	Sim	Não	Participante
Carlos José Sarmento Ferreira	FAPEG	Sim	Sim	Sim	Participante
Claudio B. Baptista Leite	IPT	Sim	Sim	Não	Participante
Claudio Costa Neto	UFRJ	Sim	Sim	Não	Palestrante
Cláudio R. K. Kaminski	ADECSUL	Sim	Sim	Sim	Participante
Clenio Nailto Pillon	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Sim	Organização
Eduardo Francisco C. Campello	Embrapa Agrobiologia	Sim	Sim	Não	Palestrante
Francisco Skora Neto	IAPAR	Sim	Não	Não	Participante
Gustavo Bessa	CVRD	Sim	Sim	Não	Palestrante
Gustavo Heiden	FAPEG	Sim	Sim	Sim	Participante
Henrique Sambrano	FAPEG	Sim	Sim	Não	Apoio
Hildebrando Herrmann	Unicamp	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Jaime Karazawa	Petrobras	Sim	Sim	Sim	Participante
James Jackson Griffith	UFV	Sim	Sim	Sim	Palestrante
João J. Alvarenga de Moraes	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Não	Participante
José E. Figueiredo Dornelles	UFPEl	Sim	Sim	Sim	Participante
José Maria Filippini Alba	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Sim	Organização
Julio Skalski Junior	Contratec	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Leandro Carlos dos Santos	Petrobras	Não	Sim	Não	Participante
Luciana Scur	UCS	Sim	Sim	Sim	Participante
Luis Enrique Sánchez	USP	Sim	Sim	Não	Palestrante
Luis Fernando Sosinski	Contratec	Não	Sim	Não	Participante
Luiz Alberto Medeiros Novicki	Petrobras	Sim	Sim	Não	Organização
Luiz Carlos Budzinski	Petrobras	Sim	Sim	Não	Participante
Luiz Fernando Spinelli Pinto	UFPEl	Sim	Sim	Sim	Participante
Marcos Back	UNESC	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Mariana de Araújo Lopes	Contratec	Sim	Sim	Não	Participante
Melina Dutra	FAPEG	Sim	Sim	Não	Apoio
Miriam Valli Büttow	FAPEG	Sim	Sim	Sim	Participante
Omar Yazbek Bitar	IPT	Sim	Sim	Não	Palestrante
Oscar Makoto Fukuda	Petrobras	Sim	Não	Não	Participante
Rafael da Silva Messias	FAPEG	Sim	Sim	Não	Participante
Robson dos Santos	UNESC	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Roger Borges da Silva	Unisinos	Sim	Sim	Sim	Participante
Sebastião Pinheiro	UFRGS	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Sergio Antônio Rodrigues da Silva	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Não	Apoio
Sergio Luciano Golatto	UNESC	Sim	Sim	Sim	Participante
Sueli Yoshinaga Pereira	Unicamp	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Valmor Neves Vieira	Petrobras	Sim	Sim	Sim	Palestrante
Waldemar Jiro Torii	Petrobras	Sim	Não	Não	Organização
Waldyr Stumpf Junior	Embrapa Clima Temperado	Sim	Sim	Sim	Organização
Zarela G. Casas Navarro Zanatta	FAPEG	Sim	Sim	Não	Participante

ANEXO III

RESUMO DAS PALESTRAS

PAINEL 1

HISTÓRICO E INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO

Histórico da Industrialização do Xisto

Valmor N. Vieira

A exploração e a industrialização do xisto em São Mateus do Sul (PR) tiveram início na década de vinte. Um dos principais precursores foi Roberto Angewitz, nascido em São Bento do Sul, em 1878, e filho de imigrantes alemães. O apelido “Perna de Pau” derivou de um acontecimento trágico durante sua infância; uma mordida de cobra que resultou na amputação da sua perna direita. Junto ao seu filho e escassos ajudantes, Angewitz montou uma usina experimental em 1932 e desenvolveu um processo de extração de óleo, atingindo uma produção de aproximadamente 318 litros de combustível por dia durante a Segunda Guerra Mundial. A usina foi desapropriada em 1942, a partir de uma indenização de 200 contos de réis.

A exploração do xisto pela Petrobras teve início em 1954, no município de Tremembé, Vale do Paraíba (SP). Três anos depois, em 1957, foram realizados os primeiros testes com o xisto da Formação Irati, extraído da jazida de São Mateus do Sul. Em 1959, a diretoria da Petrobras aprovou a construção de uma usina no município paranaense, que começou a operar em 1972. Com a entrada em operação do Módulo Industrial, em dezembro de 1991, concluiu-se a última etapa de consolidação da tecnologia Petrobras de extração do xisto. Hoje a Petrobras produz, a preços competitivos, uma série de produtos obtidos a partir do xisto.

A Unidade de São Mateus do Sul processa diariamente 7.800 toneladas de xisto, que geram os seguintes produtos: (1) 480 toneladas de óleo combustível; (2) 90 toneladas de nafta industrial; (3) 120 toneladas de gás combustível; (4) 45 toneladas de gás liquefeito (GLP); e, (5) 75 toneladas de enxofre.

A Petrobras - SIX parece ter herdado a capacidade de inovação do seu precursor, o Perna de Pau. Já na década de setenta, bem antes de elaborada a lei sobre o assunto, foram iniciadas as atividades de recuperação das áreas degradadas pela mineração de xisto, por meio da devolução dos materiais pós-industrializados, a acomodação das camadas de argila/solo e a revegetação, sendo envolvidas até agora mais de 400 hectares. Além disso, a unidade desenvolve atividades de pesquisa como suporte ao sistema Petrobras, possuindo um dos maiores parques tecnológicos do mundo, com 15 plantas pilotos.

Os serviços à comunidade também são uma marca da Petrobras - SIX, que recebe os pneus inservíveis de empresas fabricantes e importadoras do Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, para adicionamento do material ao processamento do xisto. Desde que esta tecnologia foi implantada, em maio de 2001, a Unidade já reciclou mais de 9 milhões de pneus.

Investimentos nas áreas de segurança, saúde, meio ambiente, educação e treinamento, reconhecimento dos empregados e apoio à comunidade vizinha permitiram a SIX que todos os seus processos da industrialização do xisto estejam em conformidade com os requisitos das normas de qualidade, meio ambiente, saúde e segurança no trabalho. Isso resultou na obtenção de diversos prêmios importantes, um dos mais recentes o Prêmio Internacional Social Ambiental Chico Mendes, que identifica e reconhece as mais importantes iniciativas nas áreas de gestão ambiental e responsabilidade social.

Potencialidades da Xistoquímica na Agricultura#

Claudio Costa Neto

Idéias sobre usos potenciais dos xistos oleígenos para a agricultura são apresentadas neste ensaio com base no conhecimento gerado pelo Projeto Xistoquímica nos seus muitos anos de existência (criado em 1967). O ensaio define produtos derivados dos xistos oleígenos dirigidos para suprir necessidades essenciais (materiais) de uma sociedade em saúde, materiais e energia, e estabelece as rotas que a xistoquímica oferece para alcançar os objetivos. O uso integrado e complementar da família de produtos derivados dos xistos oleígenos - o xisto cru e os produtos de pirólise do xisto (gás de xisto, água de retortagem, óleo de xisto e resíduo de retortagem) - focaliza a agricultura, através da 'construção' de solos, de materiais e produção de energia, com todos os esforços integrados para a produção de alimentos e de remédios. Ademais, propõe o uso integrado dos resíduos de retortagem dos xistos oleígenos com resíduos de produção agrícola como forma de rejuvenescimento de solos - representados neste ensaio pela combinação do resíduo de retortagem do xisto com o resíduo de produção do óleo de mamona (a torta de mamona), cujas quantidades produzidas tendem a crescer enormemente com a produção do biodiesel.

Plano de Recuperação de áreas degradadas da SIX

Júlio Skalski Junior

Foi realizada uma síntese das experiências desenvolvidas pela Petrobras, através da Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto - SIX, ao longo dos últimos 30 anos, para harmonizar a atividade de mineração á céu aberto com o equilíbrio ambiental. Inicialmente se apresentou um histórico sobre a exploração do

Versão completa em www.xistoquímica.ufrj.br

xisto no Brasil e a seqüência percorrida para alcançar o nível tecnológico em que se encontra a recuperação das áreas mineradas, sendo destacada a parceria com universidades e centros de pesquisa. Se comentaram as opções de recuperação comprovadamente testadas, como o plantio de florestas nativas, rotação de culturas para produção agrossilvopastoril e a implantação de lagos.

Desde que a unidade iniciou operações em São Mateus do Sul, PR, foram minerados mais de 667 hectares, dos quais 488 encontram-se em processo de recuperação. Adotou-se o termo “em processo de recuperação” mesmo para áreas onde já efetivamente foram consolidados os reflorestamentos, pois considerou-se que as atividades de recuperação constituem melhorias de condições para a deflagração do processo dinâmico da sucessão ecológica, que sem a interferência do homem, viria a se estabelecer naturalmente. Também foram realizados comentários sobre os possíveis usos futuros das áreas, sendo apresentada a relação dos principais trabalhos científicos, inclusive dissertações de mestrado, desenvolvidos a partir dos experimentos e testes efetuados nas áreas em processo de recuperação.

Diagnóstico e Recuperação de Áreas Degradadas*

Antonio Sálvio Mangrich

Características químicas e espectroscópicas das substâncias húmicas podem fornecer informações relacionadas com as condições do ambiente onde estão depositadas. No projeto PETROSIX (Petrobras/Xisto) foi estabelecido programa de

* **Colaboradores:** Henrique K. Porto Alegre (Petrobras - SA) Lenise da Silva (UFPr), Cristina da Silva (UFPr), Cristina Regina Budziak (UFPr), Claudia M.B.F. Maia (Embrapa Florestas).

reabilitação da área minerada consistindo de restabelecimento do solo e da topografia com uma camada de xisto do qual se extraiu o óleo (xisto retornado) coberta com argila e com o solo original, recobrimento vegetal, preservação da vida selvagem e avaliação das condições ambientais. Na última fase do programa, ácido húmico extraído do solo recuperado (AHAR) foi caracterizado e comparado com outro extraído de solo da mesma região, mas de área não submetida à mineração (AHAN) e com ácido húmico extraído de material compostado a partir de mistura de serragem de madeira e lodo de fábrica de papel e celulose (AHC), como modelo de ácido húmico recém formado. Os espectros de infravermelho obtidos foram típicos de AH. Os teores de metais tóxicos, como Cd (< 1 ppm) e Pb ($< \sim 40$ ppm) ficaram abaixo dos limites críticos para solos. Os teores baixos da acidez carboxílica ($?\text{-COOH}$), 210 mmol/100 g para o AHAR, e 240 mmol/100 g para o AHAN, poderiam sugerir poluição no solo recuperado. Os teores de acidez fenólica ($?\text{-OH}$) foram altos, no entanto, para ácidos húmicos de solos poluídos: 570 mmol/100g para o AHAR, e 510 mmol/100 g para o AHAN. Comparações desses valores com os da amostra de AHC ($?\text{-COOH} = 226$ mmol/100 g; $?\text{-OH} = 420$ mmol/100 g) indicaram que estes teores de acidez carboxílica e acidez fenólica podem ser consequência de estar aquele solo nas etapas iniciais da formação das substâncias húmicas.

PAINEL 2

ASPECTOS RELACIONADOS À RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Modelo com a Incorporação do Componente Social ao Físico para o Melhoria da Gestão Ambiental

James Jackson Griffith

Terrence Joseph Toy

1. Introdução

As próximas linhas são uma sinopse de um trabalho mais completo apresentado em Junho de 2005, na Reunião Nacional da *American Society of Mining and Reclamation* (Griffith e Toy, 2005). Nessa oportunidade, relatamos o desenvolvimento de um novo modelo conceitual que explica as associações dos sistemas físicos ao social em um leque amplo de eventos ecológicos. Os distúrbios associados com o uso extrativista da terra são reconhecidos como prejudiciais em diversos cenários ecológicos. Mas, ainda, precisamos entender melhor os eventos de degradação - de origem natural ou antrópica - para analisar seus processos e avaliar a possibilidade de repará-los.

2. Desenvolvimento

Em princípio, pode parecer desnecessário o desenvolvimento de mais um modelo, pois existem muitos modelos que representam bem os aspectos físicos da degradação, como as mudanças sofridas por solos, cursos d' água e vegetação. Entretanto, quase todos esses modelos são incompletos, porque ignoram ou minimizam a importância do componente do sistema social.

O novo modelo aqui apresentado (Figura 1) corrige essa lacuna de maneira abrangente porque liga os sistemas físico e social por meio de círculos de causalidade, a principal ferramenta do pensamento sistêmico (Senge, 1990; Anderson e Johnson, 1997). Os círculos mostram a relação de causalidade entre

variáveis por meio de uma seqüência cíclica. A sua dinâmica de retroalimentação resulta em movimentos de reforço (efeito “bola de neve”) ou de balanceamento (restabelecimento da estabilidade sistêmica) (Richardson, 1991).

Segundo o modelo, nem todos os distúrbios conseguem vencer a resiliência sistêmica. Esta depende da relação entre forças (F) e resistências (R). Mas, se a resiliência for vencida, o distúrbio resulta na movimentação do sistema físico ou do social, ou de ambos. Uma vez acionados, os sistemas operam em três possíveis maneiras e horizontes de tempo: 1) como reações aceleradas de curto prazo, 2) como recuperação natural de longo prazo (que pode ser auxiliada por obras antrópicas) e 3) como mecanismo de retroalimentação compensatória que opera em médio prazo, conectando as outras duas fases de tempo.

Acreditamos que as intervenções de gestão aplicadas ao mecanismo de retroalimentação compensatória podem ser as mais eficientes, porque pode ser contraprodutivo tentar resolver freneticamente as situações caóticas que acontecem, tipicamente, em curto prazo ou desafiar a pertinácia exagerada que domina os movimentos sistêmicos de longo prazo.

Uma das vantagens do modelo físico-social refere-se à grande simplificação de terminologias a ele associada. Quando se recorre à referência conceitual da Figura 1, é possível sugerir as seguintes definições sucintas:

Degradação ambiental - a percepção que o movimento de R_{F1} é excessivamente rápido e o de B_{F2} é muito lento.

Recuperação ambiental - a diminuição da velocidade de R_{F1} e a aceleração da B_{F2} .

Restauração ambiental – o retorno do sistema físico ao estado de $F/R < 1$ e do sistema social, também, ao estado de $F/R < 1$, cada relação nas mesmas proporções de forças e resistências que existiam antes do distúrbio inicial.

3. Considerações Finais

Modelos mais complexos podem ser construídos, também, com base na Figura 1. Algumas vezes não é possível separar claramente o social e o físico na hora de diagramar uma situação específica de degradação. Muitas vezes as duas dinâmicas acontecem num emaranhado de círculos de causalidade. Nesse caso, é preciso considerar essa complexidade na construção do modelo (Griffith, 2002).

Como exemplo específico, a Figura 1 mostra a interligação entre o trabalho geomorfológico, no lado físico, e a ação organizacional, no lado social. Mas, caso desejemos modelar a interligação entre outros sistemas, tais como o hidrológico, o vegetativo e o urbano, podemos substituí-los no modelo original, mantendo, no entanto, os mesmos conceitos.

4. Referências bibliográficas

ANDERSON, V.; JOHNSON, L. **Systems thinking basics**: from concepts to causal loops. Cambridge, MA: Pegasus Communications, 1997. 132 p.

GRIFFITH, J.J. **Gestão ambiental**: uma abordagem sistêmica. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 60 p. (Apostila da ENF 388 – Gestão Ambiental).

GRIFFITH, J.J.; TOY, T.J. Linking physical and social systems for improving disturbed-land reclamation. In: NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF MINING AND RECLAMATION, 2005, Breckenridge. **Proceedings...** Lexington: ASMR, 2005. p. 433-442.

RICHARDSON, G.P. **Feedback thought in social science and systems theory**. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1991. 374 p.

SENGE, P.M. **A quinta disciplina**: arte, teoria e prática da organização de aprendizagem. São Paulo : Best Seller, 1990. 352 p.

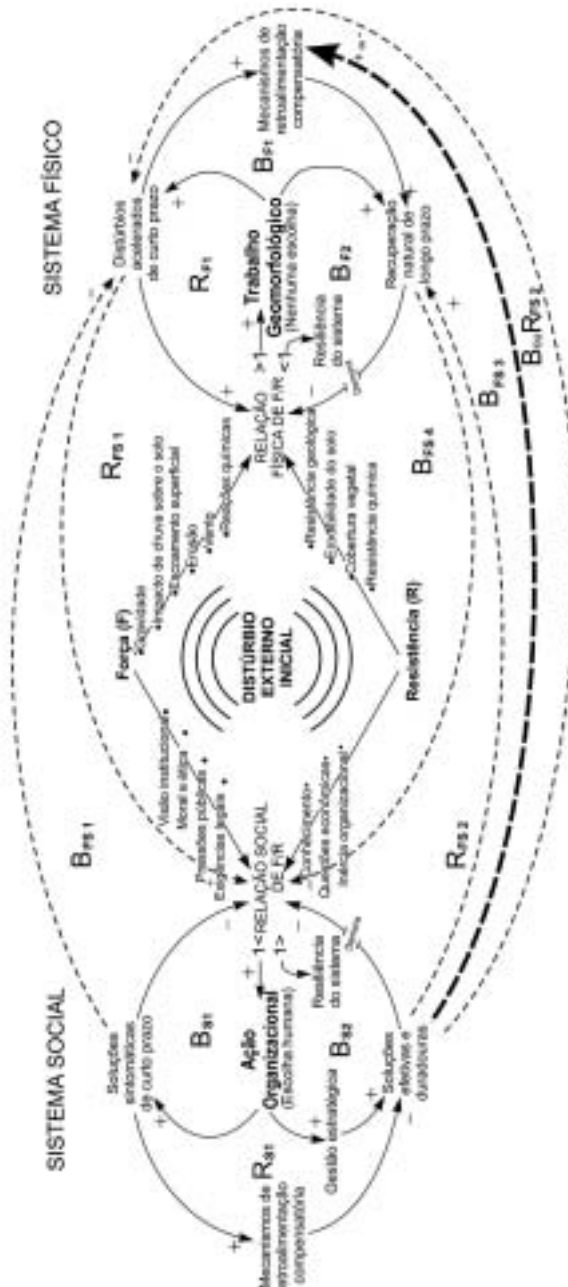


Figura 1. Modelo físico-social de recuperação ambiental.

Planejamento e Gestão do Processo de Recuperação de Áreas Degradadas

Luis E. Sanchez

Como todo projeto, um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) deve ser cuidadosamente preparado e ter sua viabilidade analisada antes de sua execução. Uma vez aprovado, sua implementação deve ser igualmente cuidadosa e os resultados periodicamente avaliados. O uso de indicadores e a comparação entre o esperado e o alcançado são alguns dos instrumentos de avaliação dos resultados da recuperação de áreas degradadas (RAD). Conhecimento, organização, recursos humanos e financeiros são quatro componentes básicos para o sucesso de um programa de RAD. A RAD pode ser conduzida de acordo com o ciclo clássico de gestão PDCA (*plan-do-check-act*). O planejamento da RAD pressupõe que toda mina constitui uma forma temporária de uso do solo e que ao término da mineração as áreas afetadas devem estar aptas para alguma forma de uso sustentável. Pode-se admitir restrições de uso no futuro para a totalidade ou parte das áreas recuperadas – nem sempre é necessário que a reabilitação de áreas mineradas requeira multifuncionalidade do solo e nem mesmo que sejam restabelecidas condições similares àquelas que precederam a perturbação.

Para a implementação de programas de RAD, há alguns requisitos a serem observados, dentre os quais: (i) atendimento aos requisitos legais; (ii) conhecimento e consideração dos pontos de vista da comunidade; (iii) orientação técnica especializada para os trabalhos a serem executados; (iv) capacitação técnica da equipe envolvida (do gerente ao pessoal operacional); (v) desenvolvimento e implementação sistemática de procedimentos operacionais; (vi) provisão de recursos (humanos, físicos, financeiros); (vii) acompanhamento, monitoramento, registro e documentação.

A avaliação dos resultados de um programa de RAD pode ser

feita com o desenvolvimento, para cada caso ou para cada conjunto de minas com condições semelhantes, de três tipos de critérios de desempenho: administrativo, funcional e formal. A pergunta fundamental “o que é uma área recuperada?” parece não ter ainda uma resposta satisfatória no Brasil. O sucesso de um programa de RAD somente pode ser avaliado em comparação com seus objetivos. No entanto, formular claramente os objetivos a serem atingidos não é suficiente para aferir os resultados. Pode-se postular que também são necessários critérios e parâmetros previamente definidos e negociados com as partes interessadas para poder avaliar o sucesso do programa.

Direito Ambiental e a Mineração

Hildebrando Herrmann

O mundo moderno é um mundo mineral. Ele atende a mais de 90% das demandas humanas, fornecendo os meios necessários à sua satisfação, e o faz remunerando os principais setores da economia: o comércio, a indústria, a agricultura e o setor de serviços. Ele atende às diversas demandas sociais e culturais da comunidade: habitação, iluminação pública, transporte, educação, saúde, segurança, cultura, lazer, etc. Por outro lado, é necessário reconhecer que ele é responsável por outros impactos positivos, como o desenvolvimento regional, a interiorização de atividades econômicas, a geração de empregos diretos e indiretos, por propiciar o desenvolvimento de outros setores da economia, por gerar receitas fiscais e parafiscais, por permitir o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, etc.

Considerando, todavia, que a mineração se desenvolve na crosta terrestre, mediante a desagregação das rochas para extração, beneficiamento e transformação dos bens minerais, pode-se concluir que ela, à semelhança de outras atividades, econômicas ou não, também impacta o meio ambiente, especialmente se mal conduzida. Os principais impactos negativos resultantes de uma

lavra mal conduzida são o decapeamento do solo orgânico, a erosão, o assoreamento dos rios, a contaminação dos cursos d'água e do solo, a desconfiguração da paisagem topográfica, o desvio de cursos d'água, e as vibrações e ruídos, entre outros. Mesmo considerando essa interferência no ambiente, não se podem olvidar os seguintes aspectos relevantes: a) suas interferências são perfeitamente localizadas e restritas a mínima porção do terreno, b) é perfeitamente possível conciliar esses dois interesses e c) os baixos custos necessários à compatibilização pretendida.

Quando se discutem políticas públicas setoriais não se podem esquecer os processos necessários à sua formação, com destaque para diagnóstico das demandas sociais, planejamento para ação do poder público, aprovação dos planos viáveis à sua execução, implementação e exteriorização da política aprovada e monitoramento da sua efetiva aplicação. Destes procedimentos, interessa ao tema a implementação da política setorial, que se dá mediante a edição de normas e regras coercitivas, do Direito, portanto.

O Direito é uma ciência social e humana, que não trabalha com verdades absolutas, como ocorre com as ciências exatas. Ao contrário, busca o mais ou menos certo, o mais ou menos correto, o mais ou menos justo, exatamente porque os métodos científicos das suas pesquisas seguem o modelo dialético de interpretação, fruto da hermenêutica jurídica, para a qual a busca da verdade - síntese jurídica - pressupõe a existência de uma tese contraposta sempre a uma antítese. O instrumento para aplicação da lei é a interpretação, que pode ser gramatical, lógica, histórica, sistemática, etc.

Para se buscar a harmonização da mineração, que é fundamental para o País, com a devida e necessária proteção ambiental, não é preciso inovar, basta aplicar a legislação existente. Para tanto, mister se faz compreender as características dos dois interesses: mineração e meio ambiente. O primeiro caracteriza-se pela sua rigidez locacional, pelo longo tempo de maturação de um projeto

mineiro, pelo percurso de incertezas, pela exaustão física, política, social, ambiental ou econômica da jazida, pela singularidade das jazidas e minas, por monitoramento ambiental específico e pela reversibilidade dos impactos ambientais produzidos. O segundo é um conjunto de dados dinâmicos e de equilíbrios de forças concorrentes que condicionam a vida de um grupo biológico, que comporta ele próprio, simbioses e parasitoses.

Além dessas características é preciso conhecer como se formam os bens minerais na crosta terrestre. Em apenas algumas e pequenas e raras porções do nosso planeta a natureza concentrou certos elementos, dando origem às jazidas minerais, que pela definição do Código de Mineração é considerada “toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil aflorando à superfície ou existente no interior da terra, e que tenha valor econômico (...)” As jazidas, portanto, encontram-se em determinados locais por razões geológicas. Essa concentração não é aleatória, ela atende aos ciclos das rochas: erosão, transporte e sedimentação. O interprete das legislações aplicáveis à solução do conflito tem, obrigatoriamente, de levar em consideração todas as informações disponíveis.

Para se buscar a solução para o eventual conflito entre mineração e meio ambiente não é preciso inovar, basta aplicar as legislações existentes, a começar pela Constituição Federal, fonte legiferante para as demais regras normativas. Os artigos 5, 20, 170, 176 e 225 devem ser resgatados da Carta Maior. Eles estabelecem os princípios jurídicos que determinam todas as estruturas subseqüentes, especialmente, o Código de Mineração, o Código Florestal, a Lei 6.938/81, a Lei 9.605/98, a Lei 9985/00 e outras, minerais e ambientais, bem como definem as diretrizes para as ações dos agentes administrativos e do Poder Judiciário.

Assim, exemplificativamente, um assunto polêmico e, ainda sem solução, é o da mineração em Área de Preservação Permanente - APP. Há duas correntes de doutrinadores interpretando o

conflito: uma ortodoxa e conservadora, e a outra progressista. Para a primeira corrente, que cuida da aplicação literal dos artigos 2º e 3º do Código Florestal, a proibição para o exercício de atividades humanas em APP é absoluta. Para a segunda corrente, esses artigos devem ser analisados de forma sistemática, à luz do que dispõem outras regras existentes nos diversos diplomas legais aplicáveis à matéria, especialmente o Código de Mineração, o artigo 26 do próprio Código Florestal e os artigos 44 e 55 da Lei 9.605/98. Aquele, estabelecendo a supremacia da mineração sobre outras atividades econômicas ou não, em função do reconhecimento da sua importância estratégica para o País e estes ao legitimarem a atividade mineral em APP, condicionando-a, como não poderia deixar de ser, à aprovação do órgão ambiental competente.

De resto, é preciso esclarecer que as jazidas minerais, como se disse, encontram-se onde os condicionantes geológicos as criaram, via de regra, em áreas de preservação permanente – APPs (monte, morro, montanha ou em vales ou planícies de inundação). Não seria absurdo afirmar que a maioria das jazidas minerais encontram-se, ao menos parcialmente, em APPs. Essa constatação geológica deve servir de parâmetro, juntamente com os dispositivos legais supra mencionados, para as interpretações que nortearão as decisões jurídico-institucionais sobre o tema.

Impacto da Drenagem Ácida na Água Subterrânea

Sueli Yoshinaga Pereira

A drenagem ácida de mina é um dos principais problemas ambientais relacionados à mineração de jazidas de carvão e de minerais metálicos. Esse processo reduz o pH do meio, gerando, em consequência, altos níveis de elementos dissolvidos (arsênio, ferro, manganês e outros). A ocorrência de enxofre passível de ser oxidado pela ação do intemperismo e de colônias de bactérias deriva em águas ácidas, com prejuízo para os sistemas aquáticos, os solos, os recursos hídricos e a sociedade.

Foram apresentados aspectos relacionados a estudos hidrogeológicos, visando as alterações provocadas pela drenagem ácida de aquíferos e sua hidrodinâmica, níveis de contaminação e extensões do seu impacto (danos ambientais e nas vizinhanças). Paralelamente, foram discutidos programas de monitoramento do nível freático e da qualidade da água, envolvendo o uso de traçadores, métodos geofísicos, modelos computacionais, tecnologias inovadoras de pesquisa e procedimentos de remediação.

Biomineralização de solos como estratégia para a recuperação de áreas degradadas

Sebastião Pinheiro

“Os elementos traços são mais importantes para a vida do que as vitaminas, pois não podem ser sintetizados e ocorrem no ambiente em um intervalo de concentrações relativamente estreito... sua única fonte são a crosta e a água do mar, e sem eles, a vida deixará de existir” (Schroeder citado por Thornton, 1983).

A frase acima parece coincidir com a biodiversidade associada às regiões vulcânicas, assim como pelas experiências de pesquisadores de diversas partes do mundo, que usaram farinhas de rochas e produtos marinhos para mineralizar solos agrícolas. Esses conceitos colocam em discussão os procedimentos da agricultura convencional em relação a agricultura orgânica, que privilegia a variedade de espécies, com potencialidade para uma produção imune às pragas em função de abundância de micronutrientes, sem necessidade de agroquímicos.

As farinhas de rocha poderiam ser introduzidas no solo assistidas por métodos de agricultura orgânica, fornecendo macro e micronutrientes de maneira lenta e induzindo uma mineralização natural. Paralelamente, a ocorrência de sílica permitiria a captura de carbono atmosférico, através dos fenômenos intempéricos, colaborando na redução do efeito estufa.

O trabalho integrado entre as pesquisas, incubações e extensões tecnológicas no uso de rejeitos e resíduos, como farinhas de rochas, pelos movimentos sociais, permitem manejar e transferir conhecimentos acumulados ao longo dos últimos 20 anos de forma econômica e segura.

Referências bibliográficas

THORNTON, I. **Applied Environmental Geochemistry**. London: Academic Press, 1983. 501 p.

Painel 3

Estudos de Caso sobre Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração

Revegetação de Áreas degradadas por mineração de bauxita*

Avílio Antônio Franco

Eduardo Francia Carneiro Campello

A indústria de alumínio é uma *commodity* importante para a economia brasileira. No entanto, os resíduos derivados da sua extração e processamento geram degradação ambiental. A Embrapa Agrobiologia, a Universidade Federal de Viçosa e a Universidade Estadual do Maranhão, em conjunto com companhias do setor privado, como Mineração Rio do Norte, Consórcio Alumínio do Maranhão - ALUMAR e Alumínio do Norte - ALUNORTE, em pesquisas conjuntas, algumas com 14 anos, adaptaram para diferentes condições a tecnologia de recuperação de áreas degradadas desenvolvida pela Embrapa Agrobiologia, baseada no uso de leguminosas arbóreas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos. Os resultados obtidos evidenciam a possibilidade de reincorporar as áreas impactadas por resíduos e recuperadas com leguminosas arbóreas ao sistema produtivo agrícola.

***Colaboradores:** Luís E. Dias (Universidade Federal de Viçosa), Alexandre Franco de Castilho (Mineração do Norte), Jorge Luís de Oliveira Fortes (Universidade Estadual de Maranhão), Domingos Campos Neto (Consórcio de Alumínio do Maranhão), Luís Sérgio Cerqueira (ALUNORTE), Joventino Fernandes Moreira (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Alexander Silva de Resende (Embrapa Agrobiologia), Sérgio M. De Faria (Embrapa Agrobiologia).

Recuperação de áreas degradadas por mineração em áreas urbanas: o caso da região metropolitana de São Paulo

Omar Yazbek Bitar

Foram enfocados aspectos relacionados à recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração na região metropolitana de São Paulo (RMSP), considerando-se o contexto de urbanização e de proteção ambiental no qual a maior parte das minas atuais se insere e, em função disso, os requisitos e desafios vinculados ao planejamento e à gestão do território. Parte-se da observação básica de que os procedimentos e práticas de reabilitação nas áreas de mineração permanecem sob relevante influência da dinâmica demográfica e de uso e ocupação do solo à qual essa e outras metrópoles brasileiras se encontram intensamente submetidas, sobretudo nas últimas décadas.

Inicialmente, sintetizaram-se alguns dados e informações acerca de práticas gerenciais recentes e de processos históricos de instalação de usos pós-mineração verificados em antigas áreas de mineração, conforme panorama apresentado em trabalhos anteriores realizados na região metropolitana. Na seqüência, analisaram-se algumas tendências de abordagem do tema, observadas em face da inserção da atividade mineral em processos de planejamento urbano e de gestão ambiental e territorial em desenvolvimento no país. Notaram-se, particularmente, o tratamento na elaboração de planos diretores municipais participativos (e respectivos zoneamentos de uso do solo) e em estudos de impacto de vizinhança, ambos instrumentos crescentemente implementados na região em conformidade com as diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei 10.257/01). Incluíram-se, ainda, considerações sobre as relações da atividade mineral com o gerenciamento integrado de resíduos sólidos municipais, como os provenientes da construção civil, tendo em vista sua interação com o aproveitamento desses materiais em instalações mineiras, o aproveitamento de rejeitos e a reabilitação de áreas degradadas por meio de aterros. Citaram-

se, de maneira ilustrativa, casos de abordagem do tema nos municípios de Embu, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires, Santo André, São Lourenço da Serra e São Paulo, todos localizados na RMSP.

Reabilitação de Áreas Degradadas por Mineração de Carvão

Vanilde Citadini-Zanette

Marcos Back

Robson dos Santos

Foram considerados aspectos relacionados à reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão no Sul do Estado de Santa Catarina. O Projeto M, como é conhecido regionalmente (Recuperação Piloto de Áreas Mineradas a Céu Aberto), foi implementado em 1982, em Rio Fiorita, Siderópolis, SC, sendo apresentados dados de 17 e 22 anos após sua implementação. Os procedimentos de reabilitação nos setores envolvidos foram também expostos e discutidos. Considera-se necessário intensificar estudos relativos ao crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais nativas locais, visando à reabilitação ambiental.

Plano de reabilitação de áreas degradadas: a experiência da Companhia Vale do Rio Doce

Gustavo Bessa de Nogueira Dias

A Companhia Vale do Rio Doce desenvolve atividades de reabilitação de áreas degradadas, em concordância com as obrigações legais, em mais de 100 minas em diversos estágios de exploração, incluindo algumas já abandonadas. De maneira abrangente, a área de atuação se divide em duas grandes regiões, denominados Sistema Sul (Região Centro-Oeste) e Sistema Norte (Região Norte), que se diferenciam pelas condições climáticas e geomorfológicas.

Os procedimentos aplicados envolvem o planejamento antecipado, a análise e adequação da geomorfologia e do sistema de drenagem local e a introdução de espécies vegetais que aceleram o processo de colonização, sendo evitados problemas “químicos” (drenagem ácida). Isso inclui a aplicação de bactérias (simbiose) e o plantio de sementes (“plantio direto”), garantindo a sucessão de espécies à semelhança do que acontece na natureza.

Os estudos voltados para a obtenção de um sistema cada vez mais eficaz de reabilitação envolvem esforços internos e externos à Companhia, em parceria com entidades de pesquisa, abrangendo os mais diversos temas (agronomia, biologia, geotecnia, hidrogeologia, silvicultura, etc.). Nesse sentido, no Sistema Norte vem sendo introduzido o “coquetel de sementes”, que reúne uma diversidade de espécies nativas como arachis pintoí, crotalária, feijão guandú, lablab, mimosa, entre outras, que fornece uma explosão de vida ao ambiente, que poderá ser favorecida pela resiliência do entorno.