66735 (3)

Rev. Tecnologia e Ambiente, Criciúma, v. 10, n. 1, p. 29-40, jan./jun. 2004

Mapeamento geológico-geotécnico como subsídio para diagnóstico ambiental de áreas degradadas por atividades de mineração de carvão

Geological geotechnical mapping as a resource for environmental diagnosis of areas degraded by mining coal activity

Eder Luiz Santo*
Rosana Peporine Lopes**

Resumo

A aplicação do mapeamento geológico-geotécnico tem-se mostrado bastante eficiente na definição de zonas com diferentes níveis de comprometimento ambiental em áreas degradadas pela mineração de carvão. A partir da interpretação de fotografias aéreas, são definidas zonas, cujas respostas visuais nas imagens aéreas são função dos aspectos geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e bióticos inerentes a cada um dos compartimentos ou zonas. A etapa seguinte consiste na confecção de mapa em meio digital com a delimitação das zonas homólogas. A base cartográfica é utilizada nos estudos de campo, aos quais seguem os trabalhos de laboratório. A técnica possibilita a proposição de métodos de reabilitação ambiental mais eficazes e diferenciados para cada porção da área.

Palavras-chave: mapeamento geológico-geotécnico, degradação ambiental, mineração de carvão, reabilitação de áreas degradadas.

* Geólogo, mestre, Companhia Brasileira de Alumínio, (CBA). E-mail: santoel2000@yahoo.com.br.
** Geóloga, doutora, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). E-mail: rpl@unesc.net.

Abstract

The geological and geotechnical mapping have been applied successfully to determine land zones degraded by ancient coal mines. Using small-scale aerial photographs it is possible to define different zones, each one with its inherent geological, geotechnical, and biotic characteristics. Then homologous zones (HZ) are delimited in a georeference digital map to be used in field survey. This technique makes possible a field study planned in order to define: a) sampling points; b) polluted zones; and c) regenerated areas. From the information collected in the field and the laboratory analysis of water and soil quality and geological samples, it is possible to propose some land mine restoration techniques applied specifically to each homologous zone.

Keywords: geological geotechnical mapping, environmental degradation, coal mine, land mine restoration.

Introdução

Os Projetos de Reabilitação de Áreas Degradadas (PRAD) pela extração de carvão mineral a céu aberto em Santa Catarina normalmente abrangem dezenas ou até centenas de hectares. A complexidade das áreas, aliada ao curto prazo para realização dos estudos em escala de projeto (1:1.000), requerem um planejamento detalhado dos trabalhos de campo e escritório.

A divisão da área a ser pesquisada em zonas homólogas facilita sobremaneira os trabalhos de campo. O trabalho ora apresentado tem como objetivo discutir a adoção do mapeamento geológico-geotécnico nos estudos de áreas degradadas pela mineração de carvão, fornecendo um retrato das condições físicas do local e subsídios para a proposição de medidas de reabilitação ambiental destes locais.

A extração de carvão e os problemas ambientais

A extração de carvão ao longo da Bacia Carbonífera de Santa Catarina vem ocorrendo desde o final do século XIX. Em sua fase inicial, o minério era utilizado principalmente como fonte de energia para locomotivas,

caldeiras industriais, navios e gaseificadores (GOTHE, 1993). Com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a partir da década de 1940 a extração do minério passou a ser mecanizada, utilizando equipamentos do tipo *draglines,* para decapeamento, e *shovell,* para extração do minério, intensificando a exploração desse bem mineral.

O processo de mineração de carvão a céu aberto – pouco expressivo nos dias atuais, mas que predominou nas regiões de Siderópolis (SC) e Treviso (SC) desde 1940 até o final da década de 1980 – produziu uma topografia irregular marcada por pilhas cônicas de até 25 metros de altura, alinhadas em filas paralelas e entremeadas por profundos cortes nos terrenos, onde se acumulam águas de drenagem e de precipitação (ECP, 1982; CPRM/DNPM, 1984; JICA, 1998; IPAT/UNESC, 2002a e b, 2003a, b, c e d) – Figura 1.

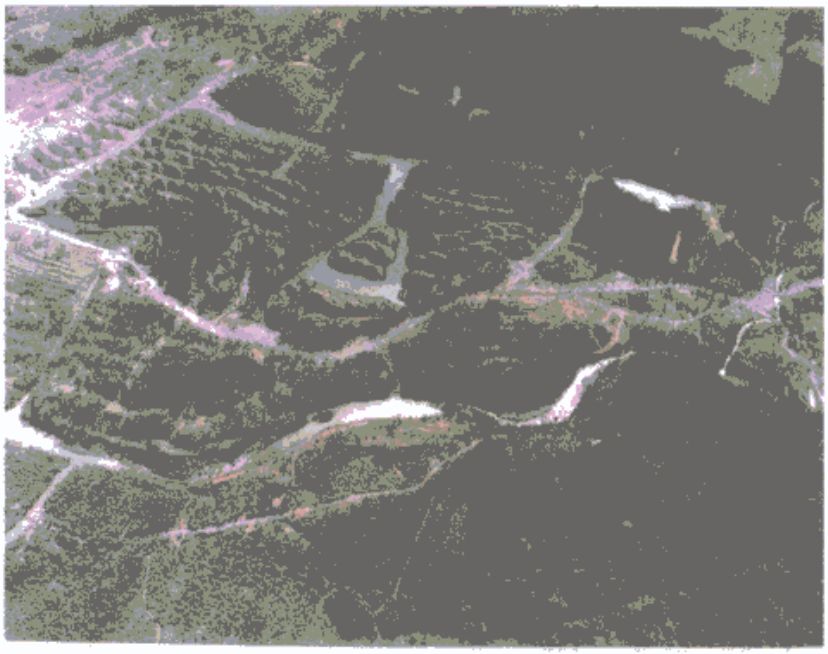

Figura 1 – Vista aérea de antiga área degradada pela mineração de carvão – hoje em reabilitação – na região de Siderópolis. Observar disposição das pilhas de estéreis.
Fonte: IPAT/UNESC (2002a).

Os métodos de remoção do capeamento do carvão utilizados antigamente conduziram à inversão dos horizontes de solo e rocha com relação às suas posições estratigráficas originais. Com isso, as camadas antes aflorantes passaram a ocupar, com a explotação, a base das pilhas de estéreis, ao passo que aquelas imediatamente sobrepostas ao leito de

BIBLIOTECA CENTRAL PROF. EURICO BACK - UNESC

carvão hoje recobrem os montes de estéreis. Essa inversão de horizontes expõe à ação intempérica os materiais potencialmente poluidores associados aos antigos bancos de carvão mineral, fazendo com que haja inúmeras fontes pontuais de contaminação espalhadas pelas áreas mineradas (IPAT/UNESC, 2002a e b).

Embora tenham se passado cerca de 15 anos da paralisação da última grande mina a céu aberto na Bacia Carbonífera, a situação atual dos locais minerados, em termos topográficos, não difere muito da descrita nos trabalhos elaborados pela ECP (1982) e pelo CPRM/DNPM (1984). Localmente, observa-se significativa recuperação natural da vegetação e das características físico-químicas do solo (IPAT/UNESC, 2002a), embora a maior parcela dos terrenos minerados ainda se mantenha com vegetação incipiente e solos e águas ácidas.

Materiais e métodos

O emprego do mapeamento geológico-geotécnico em áreas degradadas pela mineração de carvão está fundamentado em metodologia proposta por Christian e Stewart (1953) *apud* Grant e Lowick (1967), também descrita por Kopezinski (2000), e na classificação de terrenos de Grant (1970). Assim, são estudados quatro pontos fundamentais:

- Característica dos taludes;
- Tipo de substrato rochoso;
- Característica do solo;
- Característica da vegetação.

O estudo dos solos e de suas propriedades físico-químicas, segundo os autores anteriormente citados, é de extrema importância para a caracterização dos processos de degradação atuantes na área pesquisada, bem como para o reconhecimento dos processos de regeneração. Com base no princípio da similaridade do comportamento dos solos é possível estabelecer uma divisão do local pesquisado em diferentes unidades. Essas unidades definem zonas homólogas de origem geomorfológica e litológica comum, com condições ambientais diferentes entre si (SANTO *et al.*, 2004).

Para Birkeland (1990), o uso de homogeneidade de feições (*landform)* proporciona uma melhor compreensão dos materiais associados, sejam eles inconsolidados ou não. Além disso, mapas e cartas resultantes dessa metodologia representam o relacionamento de solos e suas unidades

geotécnicas ante a degradação. Esse tipo de mapeamento determina o método de avaliação do terreno baseado no reconhecimento, interpretação e análise de feições de relevo definidas como reflexos dos processos naturais atuantes sobre os materiais da superfície terrestre, devendo espelhar as condições dos mesmos (LOLLO, 1996).

Assim a técnica de mapeamento geológico-geotécnico, sugerida neste trabalho para diagnosticar o grau de degradação de áreas afetadas pela mineração de carvão, é dividida basicamente em três etapas:

i. Fotointerpretação: consiste na delimitação, em uma imagem aérea, de porções do terreno com características físicas e biológicas similares, denominadas de zonas homólogas. É realizada com auxílio de um estereoscópio de espelho, ou de bolso, ou então diretamente em meio digital.
ii. Estudos de campo: compreendem trabalhos de coleta e descrição das amostras de rochas, solos e vegetação; identificação da disposição, do formato e da estabilidade das pilhas de estéreis; identificação e quantificação do volume de rejeitos da mineração de carvão; ajustes nos limites de cada uma das zonas definidas em gabinete.
iii. Trabalhos de laboratório e de escritório: correspondem aos ensaios e atividades realizados após a etapa de campo. Dentre eles devem ser destacados: a caracterização química do substrato rochoso – potencial de geração de acidez, poder de neutralização, ensaios de solubilização e lixiviação; os aspectos físicos e químicos dos solos – em especial sua fertilidade; a qualidade das águas superficiais e subterrâneas; a determinação da densidade e da diversidade da vegetação.

Resultados

Aplicação do mapeamento geológico-geotécnico em diagnósticos ambientais

Os trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico em Diagnósticos Ambientais voltados a Projetos de Reabilitação de Áreas Degradadas (PRADs) elaborados pelo IPAT/UNESC (2002a e b, 2003a, b, c e d) permitem definir, a partir da fotointerpretação, áreas com padrões de geologia, de relevo e de vegetação similares. Associando a fotointerpretação aos trabalhos de

campo, é possível delimitar com precisão cada uma das zonas homólogas (ZH), produzindo mapas prévios, como o apresentado na Figura 2.

Nos trabalhos de campo são realizados levantamentos detalhados das características geológicas e geotécnicas do local como: a) as condições físicas das pilhas de estéreis e depósitos de rejeitos (Figura 3); b) composição química e mineralógica das rochas que as compõem (Figura 4); c) graus de alteração do substrato rochoso; d) graus de desenvolvimento da vegetação (Figura 5); e) identificação de áreas fontes de contaminação.

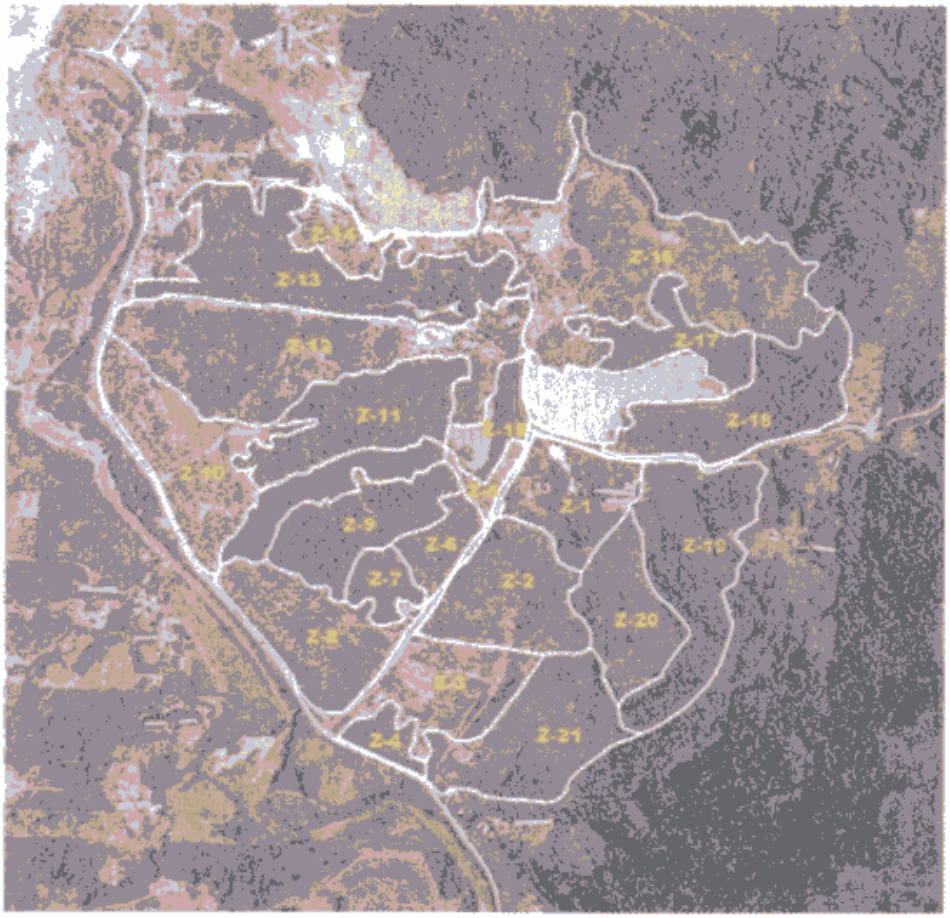

Figura 2 – Zonas homólogas definidas a partir de mapeamento geológico-geotécnico em área degradada pela mineração de carvão – sem escala.
Fonte: IPAT/UNESC (2003a).

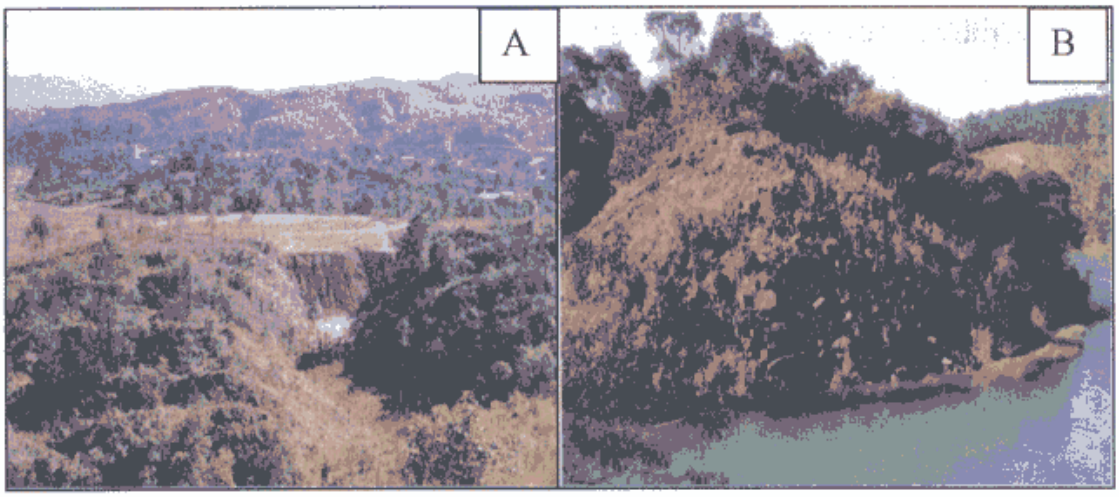

Figura 3 – Áreas degradadas: A – zona de arenitos friáveis mais susceptíveis a processos erosivos como ravinamento; B – pilhas de arenitos piritosos e rejeitos ao redor de corpos de água.
Fonte: IPAT-UNESC (2002c).

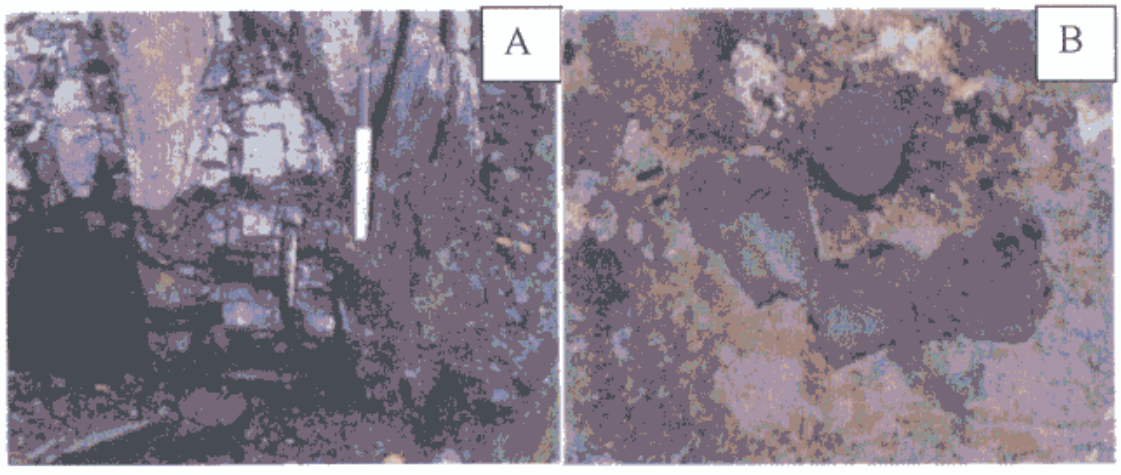

Figura 4 – Formas de ocorrência da Pirita: com hábito massivo (A) ou framboidal quando associada aos rejeitos de carvão; ou em nódulos (B) quando associada a arenitos.
Fonte: IPAT-UNESC (2002c).

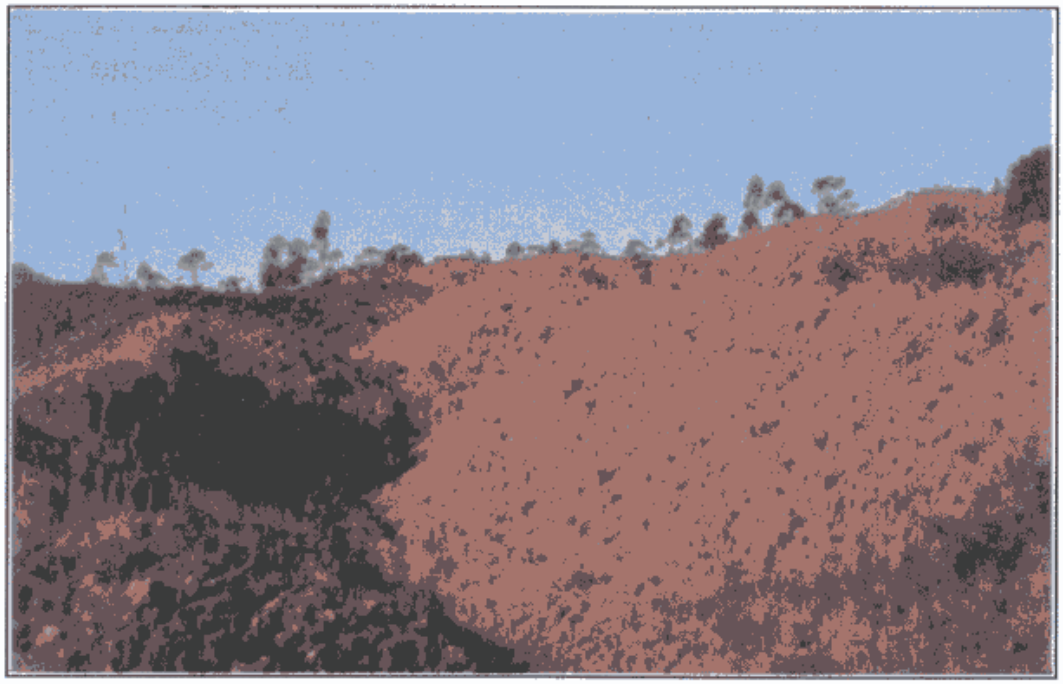

Figura 5 – Pilhas de estéreis constituídas essencialmente por arenitos piritosos. Observar a escassez de vegetação arbórea e predomínio de gramíneas.
Fonte: IPAT-UNESC (2002c).

As pilhas de estéreis presentes nas áreas degradadas da região de Siderópolis (SC) e Treviso (SC) são normalmente constituídas por blocos centimétricos a métricos de arenitos cinza-esbranquiçados a esbranquiçados, siltitos acastanhados a acinzentados e folhelhos cinza-escuro, rochas pertencentes à Formação Rio Bonito e que, antes da mineração, se intercalavam em camadas sobre a jazida de carvão Barro Branco.

De maneira geral o desenvolvimento da vegetação sobre as pilhas de estéreis, tanto em termos de densidade como em variedade e porte, está relacionado às características geológicas e conseqüentemente às dos solos. Assim, nas zonas onde há pilhas de estéreis com predominância de folhelhos e siltitos – friáveis e, portanto, suscetíveis à desagregação devido ao intemperismo – são encontrados solos mais espessos e desenvolvidos, enquanto nas pilhas compostas em sua maior parte por arenitos, principalmente aqueles piritosos, o solo praticamente inexiste e, como conseqüência, a vegetação é rara (Figura 5).

Havendo necessidade, após os levantamentos de campo e avaliação dos resultados de análises laboratoriais, as zonas identificadas podem ser agrupadas em blocos distintos, dentro dos quais são identificadas condições semelhantes de degradação facilitando, assim o tratamento diferenciado no que diz respeito às propostas de reabilitação ambiental.

A delimitação de zonas ou blocos com características semelhantes é de fundamental importância na fase de mapeamento. Entretanto, mais do que isso, essa metodologia favorece a adoção de medidas de reabilitação diferenciadas de acordo com o grau de comprometimento de determinado compartimento. Assim, realizado um bom diagnóstico ambiental, fundamentado no mapeamento geológico-geotécnico associado a análises físicas e químicas das rochas, dos solos e das águas, é possível propor medidas de controle de fontes contaminantes, como a remodelagem da superfície do terreno, a reconstrução do solo, a reintrodução de espécies vegetais nativas, a retirada e a deposição controlada dos rejeitos encontrados na área, além de medidas de manutenção da qualidade ambiental, como a preservação de lagoas artificiais com água de boa qualidade e de "ilhas" de vegetação naturalmente regeneradas. Com essas ações, busca-se restabe-lecer os equilíbrios naturais do ambiente, propiciando o retorno e a manu-tenção da fauna e da flora nativa, além de eliminar ou isolar as fontes de poluição visando à melhoria da qualidade do solo e dos recursos hídricos.

Considerações finais

A aplicação do mapeamento geológico-geotécnico em diagnósticos ambientais tem se mostrado deveras importante na definição de soluções para reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão.

A aplicação da técnica possibilita:

1. Planejar estudos ambientais em extensas áreas;
2. Definir áreas-fontes de contaminantes;
3. Delimitar zonas com diferentes graus de regeneração ambiental;
4. Mapear locais com riscos geológicos, especialmente com relação à instabilidade de taludes inconsolidados.

A aplicação da técnica permite propor medidas de reabilitação como:

1. Isolamento e neutralização química das fontes de poluição;
2. Remodelagem da superfície do terreno;
3. Reconstrução do solo;
4. Reintrodução de vegetação nativa;
5. Preservação de ambientes regenerados.

Os Projetos de Reabilitação Ambiental realizados pelo IPAT/UNESC têm demonstrado que o emprego do mapeamento geológico-geotécnico em áreas degradadas constitui ferramenta importante para subsidiar e planejar ações que facilitem o restabelecimento do equilíbrio ambiental de determinado local, eliminando ou isolando fontes de poluição para a melhoria da qualidade do solo e dos recursos hídricos, propiciando dessa forma o retorno e a manutenção da fauna e da flora nativa.

Agradecimentos

Agradecemos à Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), representada pelos engenheiros Paulo César Dib e Hilton Antônio Gevieski, pela disponibilização de informações referentes aos Projetos de Reabilitação de Áreas Degradadas contratadas pela empresa junto ao Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da UNESC.

Referências

BIRKELAND, P. W. *Soil-geomorphic research: a selective overview*. Amsterdan – Netherlands, 1990. p. 207-224.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CRPM). Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). *Projeto estudo da vulnerabi-lidade á contaminação dos mananciais subterrâneos decorrente da extração do carvão mineral*. Porto Alegre: DNPM-CPRM, 1984. 2 v.

ENGENHEIROS CONSULTORES E PROJETISTAS (ECP). *Projeto G – Fiorita / Mãe Luzia – Correção da poluição do Sistema Hídrico*. ECP/ FATMA. Programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina. Florianópolis, 152 p. 1982.

GOTHE, C. A. de V. *Avaliação de impactos ambientais da indústria carbonífera nos recursos hídricos da região sul catarinense*. 1993. 123 p. Dissertação (Mestrado) – UFSC, Florianópolis.

GRANT, K. *Terrain evaluation: a logical extension of engineering geology*. Australie. Iª E.g. – Paris, 1970.

GRANT, K.; LOWICK, G. D. *Storage and retrivial of information in terrain classification system*. Producings 4th Conf. Na. Roads Railiways Builders, 1967.

INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). *Diagnóstico Ambiental Mina Malha II Leste – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2002a, 121 p.

_____. *Projeto de reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral Campo Malha II Leste Siderópolis – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2002b, 57 p.

_____. *Diagnóstico Ambiental Mina Malha II Oeste Siderópolis – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2002c, 111 p.

_____. *Projeto de reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral Campo Malha II Oeste Siderópolis – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2002d, 57 p.

_____. *Diagnóstico Ambiental Campo Morozini – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2003a, 170 p.

_____. *Projeto de reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral Campo Morozini – Santa Catarina.* Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2003b, 84 p.

Japan International Cooperation Agency (JICA). *The feasibility study on recuperation of mined out areas in South region of Santa Catarina State, the Federation Republic of Brasil*, 1998. 397 p.

KOPEZINSKI, I. *Mineração x Meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores.* Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000. 103 p.

LOLLO, J. A. *O uso de técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas*. 1996. Teste (Doutorado) – EESC/USP, São Carlos.

SANTO, E. L.; LOPES, R. P.; MENDES, M. F.; KREBS, E. P. Aplicação de mapeamento geológico-geotécnico em projetos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 2004, Florianópolis. *Anais* XX ENTMME, 2004. v. 1, p. 645-651.