UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

TIAGO ALEXANDRE MANENTI SILVESTRINI

Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão a Céu Aberto: Possíveis implicações dos "usos futuros" aplicados às áreas visando à segurança e estabilidade dos solos construídos.

CRICIÚMA, MARÇO 2013

TIAGO ALEXANDRE MANENTI SILVESTRINI

Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão a Céu Aberto: Possíveis implicações dos "usos futuros" aplicados às áreas visando à segurança e estabilidade dos solos construídos.

Monografia apresentada ao Setor de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho

Orientador: Prof. Msc. Marcos Back

CRICIÚMA, MARÇO 2013

Dedico este trabalho a meus pais, Antonio e Albertina, a minha noiva Marina, e ao amigo e Professor Marcos Back por todo apoio, incentivo e aprendizado em todos os momentos.

"Às vezes vencer, é saber esperar."

Getúlio Vargas

RESUMO

Em virtude dos quadros de degradação resultantes da exploração carbonífera, na região sul de Santa Catarina, o Ministério Publico Federal (2008), determinou critérios para definição dos usos futuros a serem dados as áreas recuperadas, após execução de seus projetos de recuperação. Qualquer proposta de uso futuro para as áreas recuperadas não incluídas em APP é aceitável, desde que esteja de acordo com a legislação, em especial com o Plano Diretor do município e que este uso não comprometa a impermeabilização dos eventuais estéreis e rejeitos ainda contidos na área. Neste trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica, acrescida de observações de campo e outras considerações, relacionando as possíveis implicações dos usos futuros recomendados ou indicados nos PRADS para as áreas já recuperadas, com a finalidade de limitar ou condicionar os futuros proprietários e usuários destas áreas a usos que não impeçam o bom andamento e a perpetualidade das ações realizadas durante as obras de recuperação. Tal proposição tem o objetivo principal de evitar um novo quadro de degradação do solo construído, em decorrência do uso indevido ou do manejo inadequado destas frágeis áreas. Assim, descreveram-se as principais implicações na estabilidade e segurança de solos construídos em projetos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto em função dos usos futuros propostos. A principal premissa a seguir é a de que qualquer que seja o uso a ser implantado, este deve ser cuidadosamente analisado antes de sua escolha, principalmente no que tange a viabilidade técnica-ambiental do projeto. O ônus da implantação de um uso equivocado pode acabar com todo o investimento despendido para recuperação ou reabilitação da área. Fica evidente que, nos primeiros anos após a implantação de um projeto de recuperação de áreas degradadas, para a conservação dos objetivos do projeto, seja realizado o completo acompanhamento de sua evolução, por meio da execução de monitoramentos ambientais, nos diferentes aspectos do conhecimento, como solo, geologia, água, fauna e flora. Com o passar do tempo, se assim os relatórios de monitoramento indicarem, usos menos intensivos, como a produção de mel, de espécies ornamentais ou o manejo sustentável da bracatinga, podem ser experimentados, sempre sobre acompanhamento de equipe técnica capacitada.

Palavras-chave: Recuperação de Áreas Degradadas. Mineração de carvão a Céu Aberto. Uso Futuro do Solo. Segurança e Preservação do Solo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dragline MARION” pertencente a Companhia Siderúrgica Nacional de 1959 a 1992. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor. 18
Figura 2: “Paisagem Lunar” resultante da mineração a céu aberto realizada sem controles ambientais. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor. 18
Figura 3: Lavra de carvão com descobertura por “Dragline”. Fonte: (ARC COAL, INC. Retirado de http://google.brand.edgar-online.com, Modificado por SILVESTRINI, 2012) 19
Figura 4: “Shovel MARION 5323” e outros equipamentos de lavra pertencentes a Carbonífera Treviso. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor. 20
Figura 5: Etapas do Diagnóstico Ambiental de Áreas Impactadas Pela Mineração. A: Meio Hídrico. B: Solos e Pedologia. C: Topografia. D: Fauna e Flora. Fonte: IPAT, 2011. 26
Figura 6: Perfil esquemático de uma célula de rejeitos construída em argila compactada. Fonte: IPAT, 2009. 26
Figura 7: Perfil do “solo construído” nas áreas sob realização de projetos de recuperação ambiental da Companhia Siderúrgica Nacional. Fonte: IPAT/UNESC, 2002. 27
Figura 8: Processo de construção de um novo solo. A: Colocação de Substrato Argiloso. B: Construção de Drenagens Naturalísticas para escoamento pluvial. C: Aplicação de insumos (Calcário, Fertilizante NPK, Cama de aviário e Turfa. D: Plantio e Revegetação. 28
Figura 9: A e B: Perda dos Horizontes Superficiais do Solo Após Remoção da Cobertura Vegetal. Fonte: IPAT, 2012. 31
Figura 10: Gramíneas implantadas em área de Recuperação Ambiental, formando um "tapete" de proteção do solo a água da chuva. Fonte: CSN - GRA/SC, 2008. 34
Figura 11: Substratos encontrados nas áreas após os processos de mineração a céu aberto. Mistura de rochas, solo e minério. A: Campo Vila Funil. B: Campo Malha II Norte. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012. 35
Figura 12: Área Impactada pela Mineração de Carvão, destinada a implantação de loteamento residencial. A: Área antes das obras de RAD. B: Área após a implantação do loteamento. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012. 40
Figura 13: Modificações na Topografia e Descobertura do Solo, atividades necessárias à implantação de Loteamentos de Forma Convencional. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor, 2013. 41
Figura 14: Cortes realizados em taludes para abertura de estradas, expondo os materiais ocorrentes abaixo destas. A: Exposição de estéreis de mineração. B: Exposição de Camada de Carvão Aflorante. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012. 42
Figura 15: Remanescente de Regeneração Natural Sobre Pilhas de Estéreis de Mineração. A: Campo Malha II. B: Campo Morozini. Fonte: IPAT, 2009. 45
Figura 16: App´s em Processo de Recuperação Ambiental. A: Campo Malha II Oeste. B: Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2012. 46
Figura 17: Parque Urbano Construído em Área Anteriormente Minerada na Cidade de Criciúma. A: Palco para Apresentações. B: Quadra de Esportes. C: Monumentos Culturais. D: Academia de Ginastica. Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma. 49

Figura 18: Bracatinga (Mimosa Scabrella), espécie arbórea utilizada em RAD. A: Bracatinga. B: Bracatinga Tombada, Possivel de Manejo. CSN - GRA/SC, 2012. 53
Figura 19: Populares "Caixas de Abelha", utilizadas para produção de mel, encontradas em áreas já em processo de RAD. CSN - GRA/SC, 2013.....53
Figura 20: Abelhas alimentando-se das flores da bracatinga. Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2013.....54
Figura 21: Granja para produção de aves, em propriedade vizinha a área de RAD. Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2012.....55
Figura 22: Exemplos de cultivos convencionais, com solo sem proteção contra a água da chuva durante o ciclo da cultura. A: Batata B: Mandioca C: Milho D: Fumo. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.....59
Figura 23: Implantação de Silvicultura em àreas anteriormente mineradas. A: Implantação de Eucaliptos diretamente sobre estéril de mineração. B: Implantação de Eucaliptos sobre cobertura argilosa. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.....61
Figura 24: Áreas em Processo de RAD sendo utilizadas como pastagem. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.....65
Figura 25: Brachiárias implantadas como cobertura em áreas de RAD. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.....66

LISTA DE ABERVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP – Área de Preservação Permanente

CPL – Carvão Pré Lavado

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais: Serviço Geológico do Brasil

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

DAM – Drenagem Ácida de Mina

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

GTA – Grupo Técnico de Assessoramento ao Ministério Publico Federal

IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas

JICA – Japan International Cooperation Agency

LAP – Licença Ambiental Prévia

LAI – Licença Ambiental de Instalação

LAO – Licença Ambiental de Operação

MPF – Ministério Público Federal

NRM – Normas Reguladoras de Mineração

PRAD – Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas

RAD – Recuperação de Áreas Degradadas

SATC – Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina

SIECESC – Sindicato das Indústrias de Extração de Carvão do Estado de SC

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 OBJETIVOS 13
2.3 Objetivo geral: 13
2.4 Objetivos específicos: 13
3 REFERENCIAL TEÓRICO 14
3.1. Recuperação de Áreas Degradadas Pela Mineração. 14
3.2. Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão a Céu Aberto no Sul de Santa Catarina. 16
3.3. Concepção dos projetos de RAD pela mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina. 23
3.4. Solos Construídos e Seus Processos de Degradação. 30
4 METODOLOGIA 37
5 ANÁLISE DOS DADOS 38
5.1. Principais Usos Futuros Indicados nos PRAD´s. 38
5.2. Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais. 40
5.2.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais. 41
5.2.2. Restrições Legais a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 43
5.2.3. Práticas Necessárias a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais, visando a proteção/preservação do solo construído. 43
5.3. Implantação de Área Para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna. 44
5.3.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna. 45
5.3.2. Restrições Legais a Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 46

5.3.3. Práticas Necessárias a Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna, visando a proteção/preservação do solo construído. 47
5.4. Implantação de Parques e Áreas de Recreação. 48
5.4.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Parques e Áreas de Recreação. 49
5.4.2. Restrições Legais a Implantação de Parques e Áreas de Recreação em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 50
5.4.3. Práticas Necessárias a Implantação de Parques e Áreas de Recreação visando a proteção/preservação do solo construído. 50
5.5. Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Com Usos Múltiplos: Turismo Rural, Produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento. ..51
5.5.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável. 52
5.5.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Turismo, produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 56
5.5.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Turismo, Produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento, visando a proteção/preservação do solo construído. 56
5.6. Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura. 58
5.6.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura. 59
5.6.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 62
5.6.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura, visando a proteção/preservação do solo construído. 63
5.7. Implantação de Áreas de Pastagem. 65
5.6.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Pastagem. 65
5.6.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Pastagem em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto. 67

5.6.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Pastagem, visando a proteção/preservação do solo construído. 67
6 CONCLUSÕES 68
7 REFERÊNCIAS.....69

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o documento “Critérios para recuperação ou reabilitação de áreas impactadas pela mineração de carvão”, em sua revisão 05, qualquer proposta de uso futuro para as áreas recuperadas não incluídas em APP é aceitável, desde que esteja de acordo com a legislação, em especial com o Plano Diretor do município e que não comprometa a impermeabilização dos eventuais estéreis e rejeitos ainda contidos na área.

Na hipótese de destinação econômica da área, seja para agricultura, pecuária ou implantação de indústrias, os futuros usuários devem ser informados sobre as restrições incidentes, especialmente no tocante à impermeabilização dos rejeitos e/ou estéreis. Preocupação idêntica deve haver se a área for destinada para urbanização. Conforme previsto no Código de Defesa do Consumidor, na implantação de loteamentos, os potenciais compradores têm o direito de ser informados que se trata de antiga área lavrada e que tem restrições de uso. Estas se referem ao não comprometimento da impermeabilização dos estéreis não inertes e rejeitos, e cuidados especiais com as fundações e possíveis restrições de gabarito, na hipótese de áreas lavradas em subsolo.

Para a Implantação de culturas agrícolas e/ou manejo florestal sustentável, nas áreas cujo uso futuro seja a implantação de culturas agrícolas, a cobertura vegetal pode se dar com a implantação da própria cultura agrícola, desde que sejam atendidos, cumulativamente, no PRAD, os seguintes requisitos: a) inexistência de rejeitos ou estéreis contaminantes na área; b) a construção do solo de forma compatível com as condicionantes deste tipo de atividade, devendo ser considerados tanto os aspectos geotécnicos como os agronômicos; c) garantia de que o cultivo agrícola assegure a estabilidade da cobertura do solo, protegendo contra a erosão; e d) implantação da cultura agrícola dentro do prazo para conclusão das obras de reabilitação (fase de LAI)(GTA, 2007). Mesmo que seja dado destinação econômica a área situada em zona rural, pelo menos 20% deve ser averbado como reserva legal, nos termos do art. 16, III, da Lei 4.771/65. A área de reserva legal pode ser compensada em outra propriedade da mesma bacia hidrográfica, nos termos da lei.

Quando o uso futuro da área previr a utilização como pastagem, o gado somente poderá ser introduzido após a conclusão da fase de LAO, com emissão de

laudo atestando a área como recuperada, inclusive nos aspectos ecotoxicológicos e toxicológicos (GTA, 2007).

Sendo assim, se faz necessário uma revisão bibliográfica, acrescida de observações de campo, e outras considerações, relacionando as possíveis implicações dos usos futuros indicados nos PRADS para as áreas já recuperadas, com a finalidade de limitar ou condicionar os futuros proprietários e/ou usuários destas áreas a usos que não impeçam o bom andamento e a perpetualidade das ações realizadas durante as obras de recuperação, evitando assim um novo quadro de degradação do solo e ou re-degradação dos solos construídos, em decorrência do uso indevido ou do manejo inadequado destas frágeis áreas.

2 OBJETIVOS

2.3 Objetivo geral:

Inventariar as principais implicações na estabilidade e segurança de solos construídos em projetos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto em função dos usos futuros propostos.

2.4 Objetivos específicos:

- Apresentar os principais usos futuros indicados na literatura e nos PRAD´S para áreas anteriormente impactadas pela mineração de carvão a céu aberto, em fase de recuperação ambiental;
- Discutir quais as implicações de cada um dos usos apresentados no que tangem a segurança e perpetualidade das coberturas e solos construídos;
- Discutir possíveis restrições legais e problemas futuros com a escolha de cada um dos usos apresentados, quando a segurança do projeto de recuperação;
- Propor sugestões e necessidades de manejo dos solos construídos para implantação dos usos apresentados, visando garantir a segurança, estabilidade das coberturas e solos construídos, evitando um novo quadro de degradação em um curto período de tempo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Recuperação de Áreas Degradadas Pela Mineração.

A recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas do conhecimento visando proporcionar o reestabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente no sistema (DIAS E GRIFFITH, 1988).

O Parágrafo 2º do art. 225 da CF/88 determina que todo *"aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei".* O principal órgão competente a fiscalização, conforme mencionado na CF/88, é o DNPM, cuja norma principal é a NRM-21, constante no anexo I da Portaria 237, de 18/10/2001.

As atividades de mineração apresentam um grau de impacto ambiental de alta magnitude, devido as modificações físicas, químicas e bióticas provocadas nas áreas de influência direta e indireta do projeto. Por exigência da legislação, o empreendedor assim deve requerer as devidas licenças ambientais para operação do empreendimento (IBAMA, 1990).

Na área de mineração são conhecidos os efeitos ambientais que podem decorrer de uma operação mal conduzida. Mudanças na topografia original, no solo, com o assoreamento e poluição dos rios, a emissão de poeiras, o desmatamento, o afugentamento da fauna e a produção excessiva de ruídos são alguns destes efeitos, que assumem dimensões mais ou menos graves, dependendo do porte e da localização da atividade mineral (IBRAM, 1992).

A atividade de mineração não se restringe à área de lavra. Ela inclui o manejo dos estéreis, o beneficiamento do material extraído, o manejo dos rejeitos deste beneficiamento, e a gestão de toda infra-estrutura necessária para operar o conjunto mineiro (IBAMA, 1990).

O impacto causado por minerações pode resultar em uma área de influência muito maior que a área de lavra, proporcionando, por exemplo, a degradação de recursos hídricos que vão refletir em toda a bacia. De acordo com Dias e Griffith, (1988), as minerações de carvão a céu aberto são um exemplo

clássico. A oxidação da pirita ocorrente junto ao carvão, promove a geração de drenagem ácida de mina, solubilizando uma série de metais pesados, podendo trazer consequências para uma área muitas vezes superior que a área de lavra.

Segundo Nunes (2006), a obrigação de recuperar o ambiente degradado é intrínseca da mineração, uma vez que se trata de recursos não renováveis, que uma vez retirados, jamais retornarão ao seu local de origem e que não é possível à extração de grande parte dos recursos minerais sem que hajam modificações consideráveis no meio.

Além do atendimento ao aspecto legal, deve-se ressaltar que existem inúmeras vantagens, inclusive econômicas, que justificam a abordagem da recuperação já no desenvolvimento e lavra da mina. Quando as operações de descobertura dos materiais de interesse ocorrem com a retirada e armazenamento da camada fértil do solo, para seu posterior uso na recuperação da área, os impactos ambientais são menores, e os custos de recuperação são reduzidos (IBAMA, 1990).

Para Freire (2000), as atividades de recuperação tem por objetivo o retorno de uma área degradada a uma forma de utilização, de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo, visando se encontrar uma forma de estabilidade do ambiente reabilitado.

Ainda, de mesma forma, o IBAMA (1990) avalia que recuperar uma área impactada compreende retornar a esta, uma forma de utilização de acordo com os planos pré-estabelecidos para o uso do solo neste local. Compreendem também fornecer condições mínimas para estabelecer um novo equilíbrio dinâmico as áreas, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

A recuperação de uma área degradada está limitada a uma série de fatores naturalmente controlados pelas condições do ambiente, sendo bastante variável o efeito das técnicas implantadas (ABRAHÂO E MELLO, 1988).

De acordo com IBRAM (1992), processo de recuperação de uma área minerada é entendido sobre diversos enfoques. Para o mesmo processo, também são utilizados os termos Reabilitação e Restauração. Majer (1989), apud Dias e Griffith (1988), define que a recuperação é um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização para a área degradada, incluindo o planejamento e o trabalho de engenharia levando ainda em conta os processos biológicos.

Já para Dias e Griffith (1988), o termo restauração é impróprio de ser utilizado para os processos que normalmente são executados, pois este conceito refere-se a obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes do quadro de degradação, ou seja topografia, hidrografia, vegetação, fauna, solo entre outros, devem ter as mesmas características anteriores a degradação.

Nephew (1973) apud Griffith (1980), classificou em três os possíveis níveis de recuperação para uma área impactada: a) Nível Básico – prevenção de efeitos maléficos para áreas adjacentes, porém sem medidas para recuperação dos locais minerados; b) Nível Parcial – recuperação da área ao ponto de reabilitá-la para usos úteis, mas esta permanecendo ainda longe de seu estado original; c) Nível Completo – restauração das condições iniciais, com a mesma topografia e vegetação.

De qualquer forma, o plano de recuperação de uma área, deve determinar quais os usos e recursos que se pretendem dar a área em questão, levando em conta, principalmente os valores sócio-ambientais do projeto (GRIFFITH, 1980).

Franco e Marimon (2008), ressaltam que a recuperação de áreas degradadas através da recomposição da paisagem, seguida por monitoramentos ambientais da evolução da qualidade da água e solo, permite propor novos usos as áreas, devendo a escolha destes usos considerar o tempo e o grau de qualidade ambiental que foi atingido no projeto.

3.2. Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão a Céu Aberto no Sul de Santa Catarina.

A lavra de carvão em Santa Catarina começou no século passado de maneira rudimentar em pequenas proporções, nas áreas onde as camadas afloram ou se encontravam em pequenas profundidades, sendo extraídas manualmente a céu aberto ou através de galerias de encosta, não gerando impactos ambientais muito significativos. (SCHOBBENHAUS, 1985)

Nos anos 40 o governo de Getúlio Vargas, decidiu então implantar no Brasil a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), criando um complexo que previa utilizar o carvão de Santa Catarina como uma das matérias primas na fabricação do aço da siderúrgica a ser construída em Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro. Assim, para fornecimento do carvão, instalou-se parte do complexo da CSN em

Santa Catarina, compreendendo o Setor Mineração (em Siderópolis), o Setor Beneficiamento (Lavador de Carvão) e uma Usina Termoelétrica em Capivari de Baixo. (MILIOLI, 1981)

Com a entrada em operação da CSN, processam-se então alterações significativas no setor: a implantação da mecanização das minas de subsolo, onde foram introduzidos conjuntos mecanizados com equipamentos de origem americana, aumentando a capacidade de produção; a implementação de métodos americanos de lavra a céu aberto com a importação de equipamentos de grande porte; e a modernização dos métodos de beneficiamento, quando o carvão bruto passou a ser pré-beneficiado nas bocas de mina, e o beneficiamento final, feito no Lavador de Capivari, na então cidade de Tubarão. (MÜLLER, 1987)

De acordo com JICA (1997), o período compreendido entre 1970 até meados de 1980 é conhecido como a era dourada do carvão em Santa Catarina. O setor desenvolveu-se num ambiente protegido, caracterizado pela obrigação das empresas nacionais usarem no mínimo 20% do carvão nacional em seu consumo, a preços estipulados pelo governo. Os subsídios e incentivos foram dados generosamente tanto nas fases de produção quanto de comercialização.

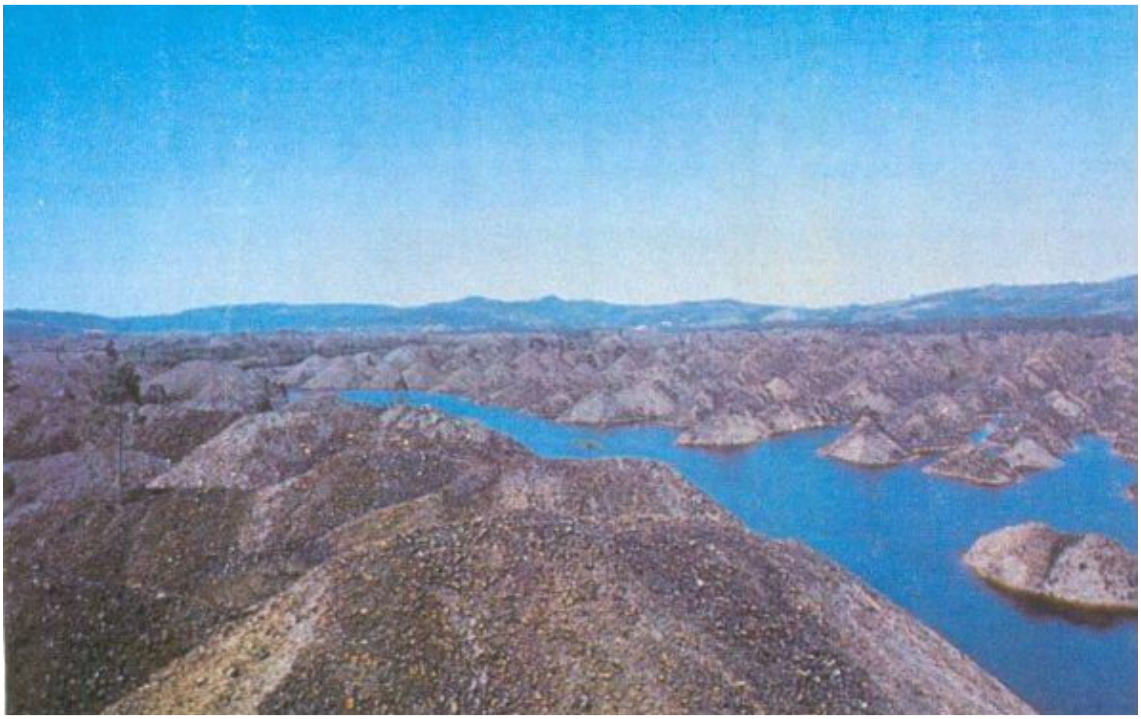
Durante este período de rápido crescimento, as empresas, de acordo com JICA (1997), operavam sem regulamentos ambientais claros ou fiscalizáveis. O Código de Minas, revisto em 1967 só estipulava que “a atividade de mineração deve evitar a poluição das águas e do ar”.

Neste contexto, no final da década de 50, segundo JICA (1997, p. 25), a CSN decidiu ampliar sua lavra com o objetivo de obter maiores produções, introduzindo uma *dragline* de grande porte, a MARION 7800, de 23m³ de caçamba e lança de 70m de comprimento (Figura 01). Este equipamento foi responsável pela devastação de mais de 1000 ha de terras férteis nos 30 anos de exploração em que a máquina atuou na região.

Nas atividades de mineração a céu aberto, de acordo com Franco e Marimon (2008), o problema da alteração da paisagem se dá pela necessidade da abertura de cortes e cavas de extração, com a disposição dos estéreis destas cavas em pilhas, formando as conhecidas “paisagens lunares”. Entre outros efeitos, podem ser citados a erosão do solo, a poluição do ar por materiais particulados, impactos a biodiversidade e a poluição hídrica.

Figura 1: Dragline MARION" pertencente a Companhia Siderúrgica Nacional de 1959 a 1992. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

Figura 2: "Paisagem Lunar" resultante da mineração a céu aberto realizada sem controles ambientais. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



Segundo JICA (1997, p. 25), a cobertura (rochas e solo acima da camada de carvão) era inteiramente removida após a detonação. Todo o estéril era depositado em pilhas, o carvão era extraído por escavadeiras e carregado em caminhões basculantes que faziam o transporte para a usina de beneficiamento. O

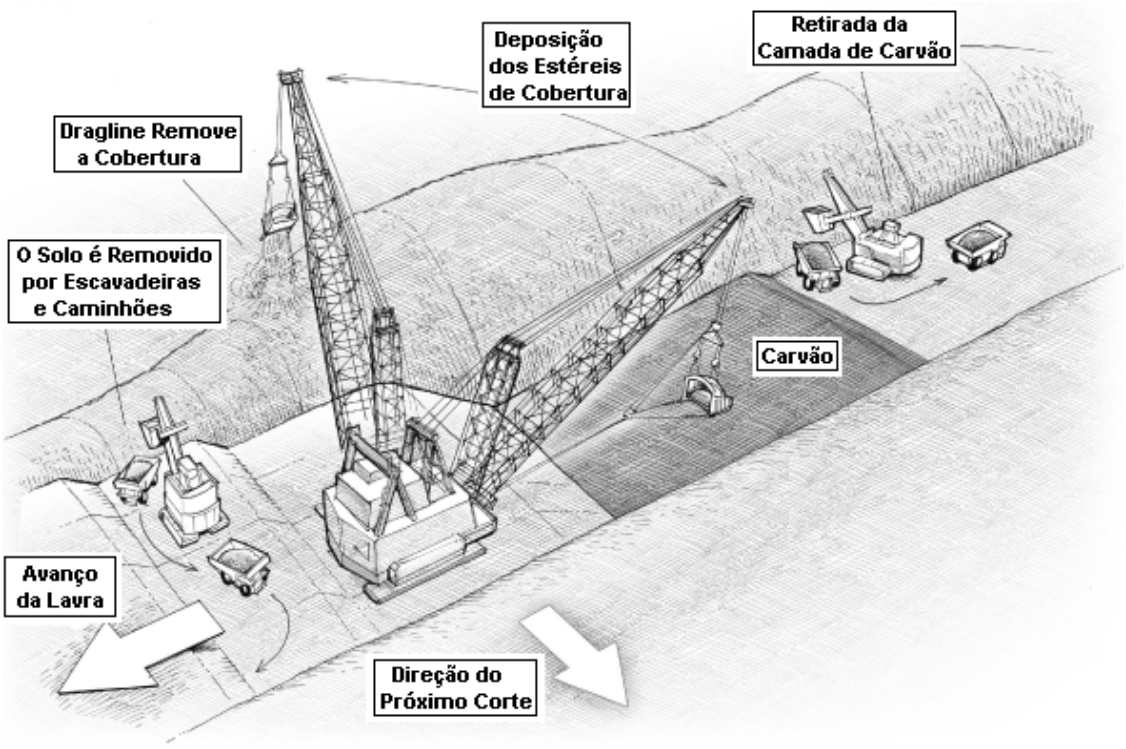
método era realizado sem qualquer recuperação dos terrenos, gerando a conhecida *"paisagem lunar"*, resultante das pilhas de estéreis (Figura 02).

De acordo com Koope e Costa (2008, p. 27), o método empregado em Santa Catarina pela CSN, foi o de descobertura que emprega uma *dragline* como equipamento fundamental e envolve a abertura de um corte inicial, do qual remove-se tanto o carvão exposto, que é levado ao beneficiamento, quanto o material de cobertura, que é depositado ou em área contigua não minerada ou nas cavas do corte anterior. O procedimento é repetido corte a corte. O método é empregado em depósitos de carvão com camadas horizontalizadas ou moderadamente inclinadas, com espessuras relativamente constantes do material de cobertura (Figura 03).

Segundo Koope e Costa (2008, p. 27) este tipo de lavra envolve genericamente a remoção de grandes volumes de estéril para cada tonelada de carvão extraído, podendo causar sério impacto ambiental, caso a lavra não seja adequadamente planejada e a recuperação da área executada desde o seu início.

Em Santa Catarina, ainda de acordo com Koope e Costa (2008, p. 28), além da CSN, a extinta Carbonífera Treviso S. A. também foi executora de lavras a céu aberto de grande porte, utilizando uma escavadeira *"shovel", "draglines"* e caminhões.

Figura 3: Lavra de carvão com descobertura por "Dragline". Fonte: (ARC COAL, INC. Retirado de http://google.brand.edgar-online.com, Modificado por SILVESTRINI, 2013)



O equipamento da Carbonífera Treviso (Figura 04) era composto de uma escavadeira *"shovel"* MARION 5323 de 20 jd³, uma *"dragline"* Bucyrus Erie 180w de 6,6 jd³, uma *"dragline"* Bucyrus Erie de 2,5 jd³, uma escavadeira *"shovel"* Bucyrus Erie de 2,5 jd³, algumas escavadeiras FIAT S-90 de 2 m³ de caçamba e caminhões com caçamba basculante para transporte do carvão até a usina de beneficiamento. (JICA, 1997)

Ainda segundo JICA (1997, p. 25):

> *"A Carbonífera Treviso também foi responsável pela devastação de uma grande área. Naquela época não havia regulamentação ambiental e nem se pensava na recuperação das áreas degradadas pelas atividades de mineração. As áreas eram adquiridas pelas empresas de mineração sem qualquer obrigação de recuperá-las. As grandes áreas disponíveis para mineração a céu aberto foram quase todas mineradas, exceto em algumas faixas de afloramento em que as áreas de topografia mais acidentada onde as coberturas crescem abruptamente, restringindo a área a céu aberto."*

Segundo Alexandre (1999, p. 41), na mineração a céu aberto todo o material do estéril de capeamento era disposto em formas de pilhas cônicas, formando uma paisagem caracterizada pela inversão das camadas do solo, ou seja, os horizontes superiores (solo fértil) são soterrados pela camada estéril, que contem material piritoso, expondo-o as intempéries.

Figura 4: "Shovel MARION 5323" e outros equipamentos de lavra pertencentes a Carbonífera Treviso. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

"O conjunto da obra gerou um clamor popular de tal ordem que praticamente a lavra a céu aberto de carvão desapareceu do cenário de mineração no estado de Santa Catarina" (KOOPE e COSTA, 2008, p. 29).

De acordo com Koope e Costa (2008, p. 29) as atividades de lavra a céu aberto, em Santa Catarina, nas décadas passadas não foram desenvolvidas com um adequado planejamento, e nem observaram os padrões de recuperação necessários e indispensáveis para manter a qualidade do meio ambiente nos arredores das áreas mineradas. Ainda, muitas áreas foram simplesmente abandonadas. Isto gerou diversos problemas, que incluíram a geração de drenagem ácida de mina (DAM), impacto visual, erosão e liberação de gases para a atmosfera.

As DAM são águas de caráter ácido, com baixo pH, altos teores de sulfatos e ferro, decorrentes de reações químicas em áreas onde o mineral a ser lavrado contém sulfetos que estão interligados as rochas encaixantes. Ou seja, os resíduos provenientes da mineração (estéreis e rejeitos oriundos do beneficiamento) em contato com o ar e a água geram acidez através da sua oxidação. A DAM provoca impactos não apenas na área minerada, mas também em todos os corpos hídricos em que tem contato. (CETEM, 2000)

A grande vilã deste processo na mineração de carvão, segundo Sheibe (2002), é a pirita (FeS_2), mineral ocorrente nas camadas de estéreis (arenitos e folhelhos) sobrepostas a camada de carvão. A grande vazão de água das minas e das usinas de beneficiamento carregam grandes quantidades de enxofre dissolvido que estavam presentes no minério.

Este cenário de degradação/produção de carvão com lavras a céu aberto sem controles ambientais perduraram até o início da década de 90, quando o então governo Collor acabou com a obrigatoriedade do consumo de carvão metalúrgico nacional nas siderúrgicas (Lei em vigor desde o governo de Getúlio Vargas, na época de criação da CSN), e quase todas as velhas minerações fecharam. A produção brasileira diminuiu, deixou de ser produzido o carvão metalúrgico e hoje o grupo de mineradores tenta re-estruturar este setor com vistas ao mercado termoelétrico. (CHAVES, 2008)

O Abandono destas áreas, sem quaisquer cuidados com relação ao meio ambiente, resultou em substratos caracterizados por um elevado grau de desestruturação, pH ácido (3,7 a 4,6) e textura bastante friável, sendo muito suscetível a processos erosivos. Suas propriedades físicas e a baixa reserva de

nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas impõem severas restrições ao seu uso agrícola e florestal. Apesar de as áreas mineradas apresentarem um substrato impactado, são encontrados pequenos bolsões de vegetação entre as pilhas de estéreis, caracterizados por plantas rasteiras, pouco diversificadas, não muito exigentes na fertilidade do solo e de elevada resistência a estiagens, com grande capacidade de adaptação e competição. Ocorrem também com muita frequência a ocupação com espécies exóticas invasoras, como o pinus e o eucalipto, oriundas da dispersão pela “chuva de sementes”, de sistemas agro-florestais do entorno das regiões mineradas (CITADINI-ZANETTE, 1992 apud POLZ, 2008).

De acordo com POLZ (2008), as áreas mineradas a céu aberto foram, em grande parte, utilizadas como depósitos de rejeitos e estéreis da mineração do carvão por várias mineradoras da região. A exposição desses materiais às condições atmosféricas e, consequentemente, dos seus minerais sulfetados, possibilitou a formação de drenagem ácida, provocando a alteração da qualidade das águas pela diminuição do pH, afetando as águas subterrâneas e superficiais dos rios. A acidificação das águas levou ao desaparecimento de peixes, crustáceos e demais populações do meio em diversos pontos dos rios, afetando também o aproveitamento das águas na agricultura, pecuária, indústria e abastecimento das cidades.

Em 1993 o Ministério Público Federal propôs ação civil pública em desfavor das empresas carboníferas, seus diretores e sócios majoritários, o Estado de Santa Catarina e a União Federal, visando à recuperação dos danos ambientais causados pela exploração de carvão mineral na região Sul de Santa Catarina (GTA, 2007).

De acordo com GTA (2007), no ano 2000, foi proferida sentença que condenou os réus, solidariamente, a apresentarem, projetos de recuperação ambiental da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do Estado, contemplando as áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas, bem como o desassoreamento, fixação de barrancas, descontaminação e retificação dos cursos d'água, além de outras obras que visem amenizar os danos sofridos principalmente pela população dos municípios-sede da extração e do beneficiamento.

Em 2004, o MPF formou uma equipe técnica para analisar os projetos juntados ao processo e realizar vistoria nas áreas. A equipe levantou 191 áreas que

precisavam de recuperação. Todavia, apenas 68 tiveram projetos de recuperação apresentados pelas empresas. A maioria desses projetos continha graves deficiências técnicas (GTA, 2007).

A pedido do MPF, em abril de 2006, o juiz proferiu decisão determinando que as empresas apresentassem novos projetos de recuperação, que atendessem as normas técnicas – NBR 13030, e com os itens NRM-01 (normas gerais) e NRM-21 (reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas) da Portaria do DNPM nº 237, de 18/10/2001 – fixando para tanto um prazo de 4 (quatro) meses. Vencido este prazo, as empresas apresentaram novos projetos de recuperação.

Conforme GTA (2007), em setembro de 2006, as partes apresentaram, em consenso, uma proposta de indicadores ambientais e plano de monitoramento, que foi homologada pelo juiz. Foi estabelecido um conjunto de indicadores ambientais suficientes para mensurar a qualidade da recuperação ambiental determinada pela sentença, compreendendo a recuperação das áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas, bem como a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Este documento foi intitulado “Critérios para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão”, e é base para avaliação da qualidade dos projetos apresentados e das condições de recuperação das áreas.

3.3. Concepção dos projetos de RAD pela mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina.

A execução de projetos ambientais para recuperação de áreas mineradas é uma prática relativamente recente em todo o mundo. Internacionalmente, os projetos desta natureza iniciaram-se, em maior escala, na década de 60, sendo executados os primeiros trabalhos no Brasil, em meados da década de 70. Estes que se constituíram principalmente na recomposição paisagística e recuperação da cobertura vegetal (CETEM, 2001).

Segundo IBAMA (1990), a degradação de uma área ocorre quando, a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perturbada, removida ou soterrada; e a qualidade ou regime de vazão dos recursos hídricos forem alterados. A degradação ocorre quando existe a

modificação das características físicas, químicas e biológicas da área, inviabilizando seu desenvolvimento e uso econômico.

Segundo a NRM 21, constante no anexo I da Portaria 237, de 18/10/2001, o projeto de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas deve prever no mínimo a identificação e análise dos impactos ambientais diretos ou indiretos sobre os meios físico, biótico e antrópico; aspectos sobre as conformações paisagística e topográfica, observando-se a estabilidade, o controle de erosão, drenagens, a adequação paisagística e topográfica e revegetação da área; o programa de acompanhamento e monitoramento; a planta atualizada na qual conste a situação topográfica atual das áreas a serem reabilitadas; a aptidão e uso futuro da área, apresentando mapas, fotografias, planilhas, referências bibliográficas e cronograma físico e financeiro do plano de reabilitação.

Ao planejar a recuperação de uma área, deve-se considerar os diagnósticos ambientais efetuados anteriormente, que indicaram as características específicas da mina e do local onde ela está instalada. Estas características se referem aos aspectos físicos, como topografia, geologia, pedologia, hidrografia e paisagem, aos aspectos bióticos como flora e fauna, e aos aspectos sócio-econômicos da região (IBRAM, 1992).

De acordo com CETEM (2001), a partir da década de 90 iniciou-se o pensamento de que a recuperação ambiental de áreas mineradas é uma tarefa multidisciplinar e deve incorporar, o aprimoramento dos métodos de planejamento de lavra, beneficiamento e disposição de rejeitos e estéreis, muitas vezes implicando em uma mudança radical na maneira de planejar o empreendimento mineiro.

Segundo IBAMA (1990), a CF/88 exige a recuperação do meio ambiente degradado pela exploração dos recursos minerais. Esta obrigação levou algumas instituições (empresas, órgãos governamentais e universidades) a desenvolverem e implantarem técnicas que têm apresentado sucesso a nível de RAD.

De acordo com IBRAM (1992), as técnicas e práticas comumente apresentadas para promover a recuperação ambiental de uma área minerada, visa a obtenção de um novo nível ecológico que possibilitará a esta área uma nova forma produtiva, seja do ponto de vista econômico ou simplesmente para a preservação.

Segundo Abrahão e Mello (1988), a grande meta a ser alcançada em qualquer plano de recuperação de terrenos, consiste no estabelecimento de um

horizonte “A”, de modo que a partir daí, o processo seja continuado pela biosfera, podendo assim fazer surgir outros horizontes de solo.

É fato que o ambiente totalmente descaracterizado pela mineração a céu aberto, não poderia ser restaurado ao seu estado original. Todavia, nos projetos para reabilitação de áreas impactadas pela mineração a céu aberto da CSN, a diretriz adotada prevê a sua reintegração à paisagem circundante, possibilitando que processos naturais de degradação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, “chuva de sementes”, sucessão vegetal, entre outros, viabilizem a reabilitação do ambiente ao longo do tempo (POLZ, 2008).

A grosso modo, um plano de recuperação de área degradada (PRAD) envolve as etapas de diagnóstico, isolamento de contaminantes, reconformação topográfica, revegetação e monitoramento. Apesar do projeto executivo de cada uma destas etapas depender do uso futuro proposto descreve-se a seguir aspectos desta etapas usado na região carbonífera catarinense.

Assim, para elaboração dos PRADS, são realizados diagnósticos ambientais dos meios físicos, como topografia, geologia, pedologia, hidrografia e paisagem, dos aspectos bióticos como flora e fauna, e dos aspectos sócio-econômicos da região para a avaliação do estado das áreas (Figura 05). Partindo do conhecimento levantado por estes diagnósticos, os projetos de recuperação buscam inicialmente propor ações para cessar ou minimizar a dinâmica dos processos de degradação instalados (POLZ, 2008).

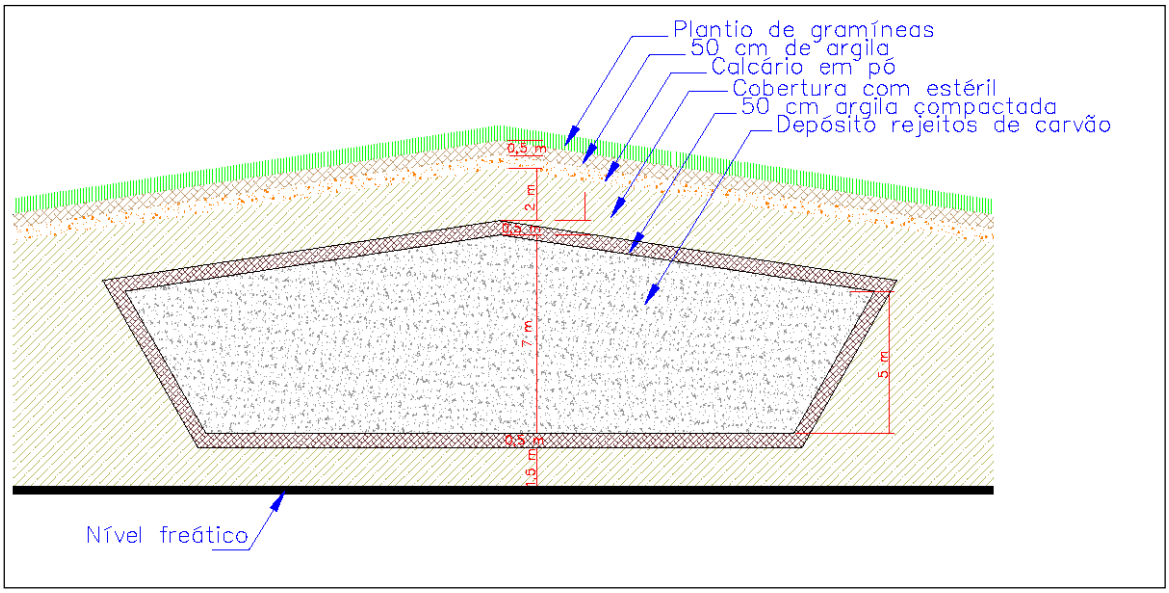
Nos projetos executados pela CSN, as ações para recuperação das áreas iniciam com o isolamento das fontes mais poluidoras. Neste caso, os rejeitos do beneficiamento de carvão, ora encontrados espalhados em porções distintas destas áreas impactadas, são recolhidos e depositados em uma “célula”, construída com fundo, laterais e cobertura em argila compactada (Figura 06), a fim de isolar os materiais contaminantes do meio em que estão, não permitindo o contato destes com o oxigênio e com as águas pluviais, evitando assim a potencialização da geração de DAM. (POLZ, 2008).

Isolados os rejeitos, a recomposição topográfica das pilhas resultantes da mineração a céu aberto foram remodeladas por trabalhos de terraplanagem, com desmonte das pilhas e retaludamento das margens das lagoas, e cavas resultantes dos trabalhos de mineração. Esta atividade de corte e aterro, tornou os relevos mais

planos, com declividades mais baixas fazendo surgir uma nova paisagem de relevo levemente ondulado (FRANCO E MARIMON, 2008).

Figura 5: Etapas do Diagnóstico Ambiental de Áreas Impactadas Pela Mineração. A: Meio Hídrico. B: Solos e Pedologia. C: Topografia. D: Fauna e Flora. Fonte: IPAT, 2011.

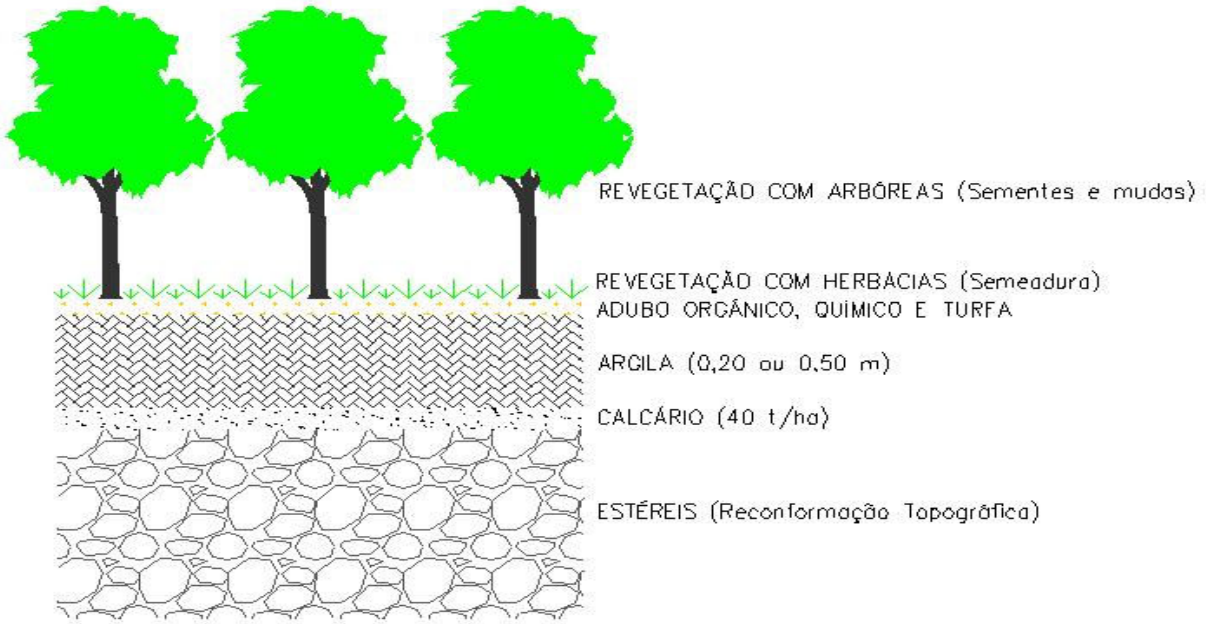
Figura 6: Perfil esquemático de uma célula de rejeitos construída em argila compactada. Fonte: IPAT, 2009.



Os perfis de relevo são projetados, visando uma rápida condução das águas pluviais superficiais até sistemas de drenagem construídos para coleta das águas de chuva, minimizando sua infiltração no solo e o contato com minerais poluentes (POLZ, 2008).

Seguido aos trabalhos de reconformação do terreno, para proteção dos estéreis à ação direta das intempéries, camadas de solo argiloso com 0,20 a 0,50 m de espessura são utilizadas na sua cobertura (Figura 07). Sobre os estéreis é ainda aplicada uma camada de calcário dolomítico, com a finalidade de minimizar a acidez do substrato, diminuindo assim a geração de drenagem ácida de mina (POLZ, 2008).

Figura 7: Perfil do "solo construído" nas áreas sob realização de projetos de recuperação ambiental da Companhia Siderúrgica Nacional. Fonte: IPAT/UNESC, 2002.



Com a finalidade de criar um "novo solo" a partir da argila depositada sobre os estéreis, e para que este tenha capacidade de oferecer suporte à vegetação a ser implantada, nutrientes são também incorporados ao seu perfil, sob a forma de fertilizantes orgânicos e organo-minerais, complementando suas novas propriedades agronômicas. Assim, um novo solo é construído a partir desse substrato argiloso, buscando um produto final com características similares aos solos naturalmente encontrados em toda a região (POLZ, 2008).

Este processo de recomposição dá origem aos solos construídos, "minesoils", os quais são formados por materiais e procedimentos antropogênicos, ou seja, determinados pela ação humana, adquirindo na condição ambiente ao longo do tempo uma evolução pedogênica (KÄMPF et. al., 2000; PINTO & KÄMPF, 2002

apud GONÇALVES, 2008). Um resumo do processo de construção de um novo solo pode ser visualizado na Figura 08.

Figura 8: Processo de construção de um novo solo. A: Colocação de Substrato Argiloso. B: Construção de Drenagens Naturalísticas para escoamento pluvial. C: Aplicação de insumos (Calcário, Fertilizante NPK, Cama de aviário e Turfa. D: Plantio e Revegetação.

Para que todo o solo construído sobre os estéreis se mantenha protegido, um sistema de drenagem de superfície é executado para captação e direcionamento do excesso hídrico pluvial. O sistema, composto por terraços em desnível, bacias de contenção de sedimentos, escadarias de drenagem e canaletas de plataforma, é construído em uma perspectiva naturalística, a partir da utilização de troncos de eucalipto nas paredes do canal e brita em seu leito, permitindo assim que as águas pluviais sejam conduzidas aos corpos receptores, sem erodirem o solo criado (FRANCO E MARIMON, 2008).

A revegetação destas áreas depende da obtenção de bons resultados nas etapas anteriores do processo de recuperação ou reconstrução do solo, desde a recomposição da topografia e paisagem, à restauração das propriedades químicas,

físicas e biológicas, e o controle da erosão no solo formado. O exato formato do plano de recuperação depende fundamentalmente do uso futuro proposto a aquela área após o término das atividades de mineração (IBAMA, 1990).

A revegetação se dá através da introdução de espécies pioneiras diversas, do acompanhamento do processo sucessório populacional e da promoção do aumento da biodiversidade local. Primeiramente, realiza-se o semeio de espécies herbáceas e arbóreas nativas pioneiras nas áreas remodeladas, com aplicação concomitante de “turfa ambiental”. A recomposição da mata ciliar é realizada com espécies arbóreas pioneiras, secundárias e climácicas nativas, podendo ser usados como apoio a implantação de poleiros artificiais “secos” e “verdes” como atrativo da fauna. Estas ações têm apresentado resultados bastante promissores, demonstrando que a ação do homem pode contribuir muito para a instalação e aceleração dos processos de reabilitação da natureza nesses ambientes. (POLZ, 2008).

Para Gonçalves (2008), as espécies das plantas utilizadas para cobertura do solo, apresentam comportamento e ações diferentes de acordo com as suas características. Assim diferentes plantas de cobertura poderão afetar de forma diferente os atributos físicos do solo ao longo do tempo.

Os processos de recuperação são muito lentos, e dependem da auto-sustentação ecológica da área. A definição do momento de reutilizar a área deve ser criteriosa, pois o processo pode ser revertido, degradando-a novamente. Assim, se o uso futuro objetivar a exploração econômica, deve-se dar preferência à produção de espécies perenes (pastagens) ou semi-perenes (reflorestamentos). A exploração de culturas anuais (milho,fumo, soja, e outros) exige movimentação intensa do solo, e isto tem o potencial de degradar o ambiente tanto ou até mais que a mineração (IBRAM, 1992).

Apesar de alterado severamente pelas atividades de mineração, o local já minerado é ainda um terreno capaz de render benefícios aos seus proprietários. A capacidade de uso destes locais depende das características e demandas regionais, da localização e das ações prévias realizadas na área. Entre os possíveis usos já implantados em algumas antigas áreas de mineração, podemos citar a implantação de cultivos, pastagens, reflorestamentos, áreas residenciais ou industriais, parques de recreação, áreas de conservação/exploração sustentável de fauna e flora, áreas para criação de peixes, captação de recursos hídricos, destinação de resíduos

sólidos, ou ainda manutenção de remanescentes florestais espontâneos já consolidados (GRIFFITH, 1980).

Para IBAMA, 1990 a definição dos usos futuros das áreas recuperadas e devem ser claramente delineados na fase de planejamento do empreendimento. Estas informações irão direcionar as diretrizes e procedimentos que serão aplicados ao projeto de recuperação a ser instalado.

3.4. Solos Construídos e Seus Processos de Degradação.

O conceito da degradação das terras se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para sustentar usos no presente ou no futuro. Esta perda é causada principalmente pelas formas de erosão (eólica ou pluvial) e da deterioração física e química (Araujo, 2005).

Reinert (1997), apud Gonçalves (2008), considera como degradação do solo a perda de condições desejáveis, relacionadas ao crescimento de plantas e ao ambiente, propondo que a recuperação de solos seja definida como o melhoramento da qualidade de um solo degradado no sentido de adquirir novamente suas condições originais.

Segundo Dias e Griffith, 1988, para a engenharia civil o conceito de solo degradado se refere à alteração deste se manter coeso e ser suporte para a construção de edificações, estradas, entre outros, sendo a densidade do solo um fator importante para este diagnóstico. Já para termos agronômicos, um solo muito coeso e compactado pode caracterizar um processo de degradação, sendo que esta condição altera a taxa de infiltração da água no solo, limita a circulação do oxigênio, impede o crescimento das raízes entre outros.

A erosão pluvial é controlada por cinco fatores básicos: Clima, características intrínsecas do solo, topografia, cobertura vegetal e manejo do solo. Quanto ao clima, são altamente influentes a intensidade e a duração das precipitações. Alguns solos são naturalmente mais erodíveis que os outros. Em geral, o aumento do conteúdo orgânico, e da fração argila tende a diminuir sua erodibilidade. Parâmetros como textura, umidade e pH acabam também influenciando nesta característica (Araujo, 2005).

A deterioração química do solo pode ocorrer de diversas formas; através da salinização da camada superior do solo, ocorrente por manejo inadequado da

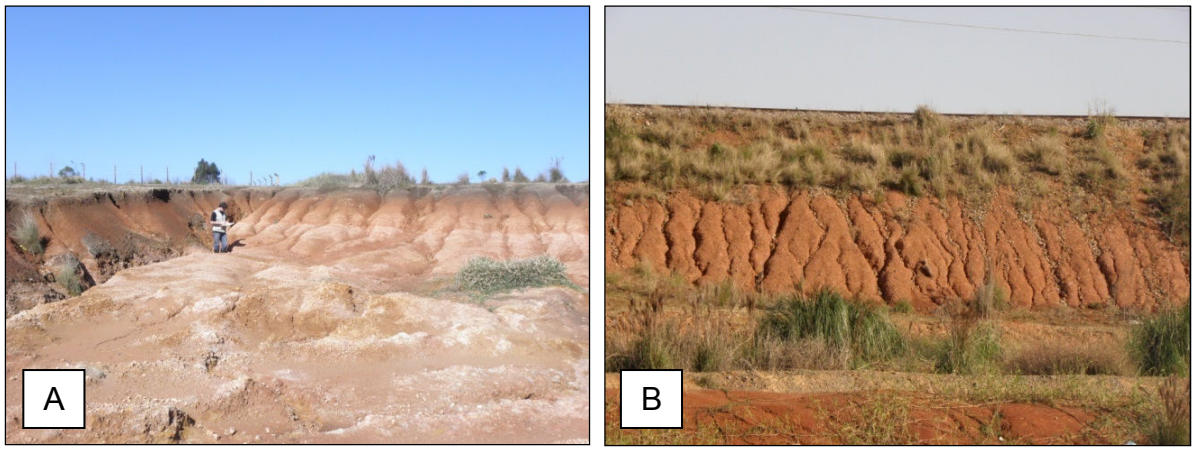
irrigação e drenagem, ou invasão de águas salinas; pela acidificação pelo uso excessivo de fertilizantes ácidos ou pela poluição por diversas origens; e principalmente pela perda de nutrientes, lavados durante tempestades intensas, ou esgotados pelas culturas, onde a agricultura é praticada em solos pobres ou pouco férteis (Araujo, 2005).

Já a deterioração física do solo, é ocorrente principalmente pela compactação do solo, pelo uso de máquinas pesadas e pelo pisoteio do gado, pelo encharcamento do solo devido a deficiências na drenagem, ou ainda pela subsidência de solos orgânicos (Araújo, 2005).

De acordo com Seixas (1984), normalmente em solos com partículas maiores, pedregosos ou arenosos, a água da chuva é rapidamente absorvida, sem originar focos erosivos por escoamento superficial. O oposto se verifica com solos argilosos, onde devido ao reduzido tamanho de seus poros, grande parte da água não penetra no solo, correndo superficialmente gerando focos erosivos. Cabe ressaltar que alguns solos argilosos, principalmente os Latossolos derivados de basalto apresentam excelente drenagem interna devido a suas estruturas.

De acordo com Araujo (2005), qualquer atividade humana que promova a remoção da cobertura vegetal promove erosão. A forma mais comum de erosão é a perda dos horizontes superficiais do solo pela ação da água e do vento (pluvial e eólica) (Figura 09). A perda desta camada de solo reduz drasticamente a fertilidade do solo, pois este se torna mais denso e fino reduzindo a penetração das raízes, e a capacidade deste reter água para disponibilidade as plantas.

Figura 9: A e B: Perda dos Horizontes Superficiais do Solo Após Remoção da Cobertura Vegetal. Fonte: IPAT, 2012.



A proteção de um solo contra a erosão consiste na diminuição da velocidade da água que escoa sobre a superfície do solo através de uma cobertura adequada, ou pelo aumento da força de ligação entre as partículas. Os riscos de exposição à erosão dependem tanto das características naturais do terreno, quanto do uso que a este é dado. O clima, a cobertura vegetal e a tipologia do solo também são fatores importantes (Araujo, 2005).

Para Kobiyama, Minella e Fabris (2001), existem cinco principais causas para degradação de um solo: o desmatamento, ou retirada da cobertura vegetal, o manejo inadequado das terras para agricultura, o superpastejo, a superexploração da vegetação implantada para lenha, e a inserção de atividades industriais ou minerarias.

Nesta mesma linha, o projeto GLASOD apud Araújo (2005), classificou o impacto das atividades humanas prejudiciais ao solo nestas cinco categorias: O desmatamento, o superpastoreio do gado; o manejo inadequado das terras em atividades agrícolas; a super-exploração do solo para uso doméstico; e as atividades industriais poluidoras. Kobiyama, Minella e Fabris (2001), descreve que a degradação de um solo em áreas agrícolas, quando influenciada pela ação do homem, pode ser dividida em 3 formas: degradação física, degradação química e degradação biológica.

Quando são alterados parâmetros como permeabilidade, densidade, estrutura, coesão, compactação, friabilidade, susceptibilidade a erosão, capacidade de retenção de água, conceituamos esta como degradação física. Quando os parâmetros alterados são a perda de fertilidade, perda de elementos essenciais ao solo, a deposição de substâncias químicas não naturais, esta pode ser chamada degradação química. Quando o solo apresenta baixa ou nula atividade de micro, meso ou macrofauna e flora no solo, ou os teores de matéria orgânica são extremamente baixos, podemos conceituar como degradação biológica (Kobiyama, Minella e Fabris, 2001).

Alterações físicas causadas em solos construídos estão diretamente relacionadas à estrutura, tendo atributos como densidade, diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água, porosidade e resistência mecânica do solo à penetração, moderadamente diferentes dos solos não impactados (GONÇALVES, 2008).

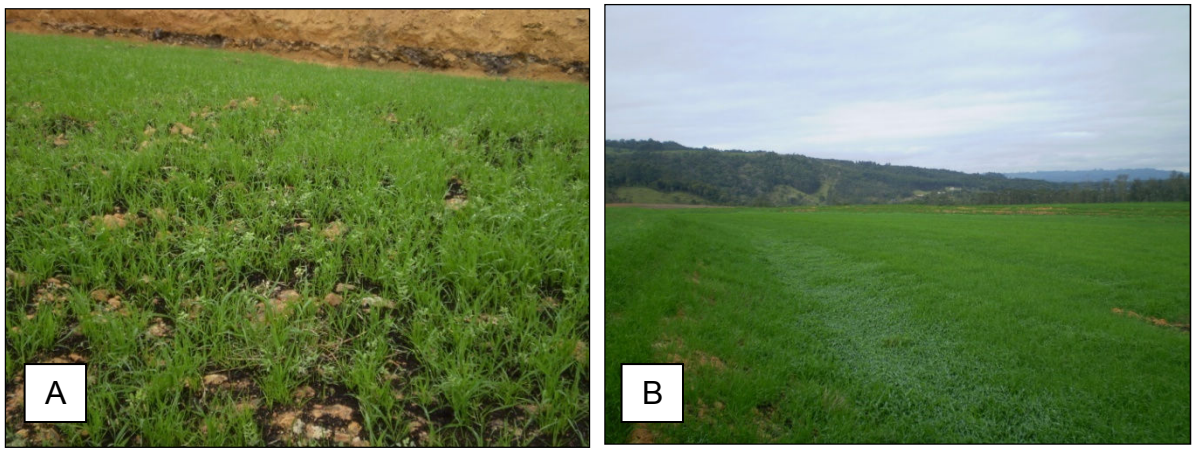
Os atributos densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade têm sido utilizados como indicadores da qualidade física do solo para o desenvolvimento de plantas. Uma contínua avaliação, no tempo, destes atributos físicos permite monitorar a eficiência ou não de sistemas de manejo do solo ou de outras atividades diferentes, quando se objetiva a estabilidade estrutural (SECCO et al.,2005 apud GONÇALVES, 2008).

Para Araujo (2005), o principal efeito da degradação dos solos é um declínio na produtividade ou a necessidade crescente do aporte de nutrientes para manter a propriedade produtiva. As terras erodidas se tornam mais vulneráveis a variações climáticas, e sua fertilidade tende a diminuir ainda mais. Embora a erosão possa ocorrer sem a intervenção do homem, na prática ela é geralmente iniciada ou acelerada por práticas antrópicas que envolvem a retirada da cobertura vegetal.

No caso de solos construídos em áreas de mineração, o seu retorno a uma condição próxima a do solo natural dependerá de sua reestruturação, a qual está baseada principalmente no restabelecimento do ciclo da matéria orgânica e da atividade radicular. Culturas com sistema radicular agressivo, capazes de ter ação agregadora do solo, podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos por meio de melhorias na sua estrutura. Assim, deve-se buscar plantas de cobertura que possuam estas características e sejam mais adaptadas às condições deste ecossistema, minimizando os efeitos prejudiciais da erosão (FRANCO, 2006 apud GONÇALVES, 2008).

Conforme Saraiva et al. (1978) apud Gonçalves (2008), as gramíneas reúnem características protetoras de solo. O tapete formado pela parte aérea e o sistema radicular fasciculado garantem proteção de tal forma que a erosão é quase nula (Figura 10).

Figura 10: Gramíneas implantadas em área de Recuperação Ambiental, formando um "tapete" de proteção do solo a água da chuva. Fonte: CSN - GRA/SC, 2008.



Um adequado desenvolvimento da vegetação pode auxiliar na recuperação dos impactos negativos nas condições físicas de solos afetados pela mineração, ou seja, deve-se escolher espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e restabelecer o regime hídrico (KOPEZINSKI, 2000 apud GONÇALVES, 2008).

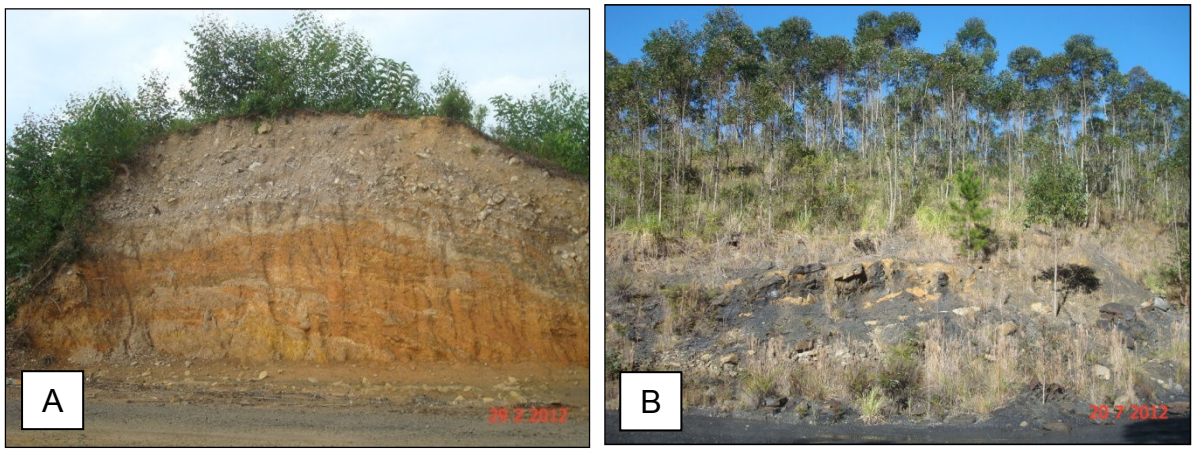
Os benefícios das coberturas vegetais não se limitam à diminuição do efeito erosivo das chuvas. De acordo com Baver et al. (1973) apud Gonçalves (2008), durante a decomposição de restos de culturas pela ação das bactérias aeróbicas e especialmente de material celulósico, são produzidos ácidos poliurônicos que conferem estabilidade dos agregados do solo. O sistema radicular das plantas de cobertura também é um fator importante no controle da erosão e na agregação, pois pode atuar como agente rompedor de camadas compactadas na superfície e em profundidade e como auxílio de agregação na rizosfera através da força exercida pelas raízes ao aumentarem seu diâmetro.

A manutenção do solo coberto traz também outros benefícios, tais como; proteção contra a radiação solar, mantendo as temperaturas mais baixas reduzindo, desta forma, a perda de água por evaporação, e mantendo consequentemente os teores de água elevados por períodos mais longos; maior controle de plantas daninhas; maior ciclagem de nutrientes além de beneficiar a atividade biológica (GASSEN & GASSEN, 1996 apud GONÇALVES, 2008).

Para Franco (2006), durante as práticas de extração do carvão e de recomposição da paisagem ocorrem alterações negativas na estrutura, provocadas

pela frequente mistura de horizontes com rejeitos de carvão, subsolo e pedaços de rochas (Figura 11), somando-se à compactação causada pelo empilhamento das camadas de solo e pelo uso de máquinas e equipamentos pesados e de grande porte que trafegam na área, que virão a constituir os chamados solos construídos. Esses solos sofrem alterações físicas, químicas e biológicas ao longo do tempo, tornando mais difícil o restabelecimento do equilíbrio ecológico do ecossistema.

Figura 11: Substratos encontrados nas áreas após os processos de mineração a céu aberto. Mistura de rochas, solo e minério. A: Campo Vila Funil. B: Campo Malha II Norte. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.



Uma das maiores diferenças dos solos construídos quando comparados ao solos naturais, é a alteração relacionada aos atributos físicos do solo, pois através destes, podem ser feitas avaliações das condições de desenvolvimento radicular das plantas, infiltração e armazenamento de água no solo (FRANCO, 2006).

Gonçalves (2008) cita ainda que vários fatores de natureza física e química do rejeito carbonífero limita o estabelecimento vegetal, restringindo a reabilitação das áreas de mineração, causando sérios efeitos nos atributos físicos, químicos e biológicos, e consequentemente resultando em reduções significativas da qualidade do solo.

Os solos construídos em áreas de mineração de carvão constituem obras antrópicas, sujeitas à evolução pedogênica, sendo que sua qualidade e potencial de uso dependem diretamente do material usado na construção (KÄMPF et al., 2000), bem como das técnicas adotadas

Em projetos de recuperação, onde é necessária a construção de um terreno para estabelecimento da vegetação, o aporte do material argiloso, geralmente ácido e pobre em nutrientes é incrementado com cama de aves (esterco animal), turfa, adubos químicos e calcário. A perda destes materiais por erosão deve diminuir ainda mais os elementos nutritivos para as plantas, dificultando assim o desenvolvimento destas (IPAT, 2010).

No caso dos solos construídos em áreas de mineração a céu aberto, de acordo com SATC (2012), as operações de mineração, que envolveram a mistura de vários segmentos da estratigrafia original da área, aliadas ao projeto de cobertura dos estéreis com camadas de argila, cama de aviário, turfa e NPK, resultaram em um terreno com propriedades que variam bastante, não mais possuindo horizontes pedológicos pré-determinados como nos solos naturais.

Para Pinto (1997), apud Gonçalves (2008), as propriedades dos solos construídos refletem as características dos materiais constituintes do solo natural e do método de construção adotado. Uma correção posterior dos distúrbios encontrados no projeto pode ser difícil e onerosa, o que sugere que haja um considerável controle sobre as características do solo construído, obtido através de um adequado manejo e método de construção, com cuidadosa seleção dos materiais para a construção e correta disposição destes nas áreas a serem recuperadas. Ainda, de acordo com Schafer et al. (1980), se forem construídos com materiais de alta qualidade e em uma inclinação estável, esses podem superar o potencial de alguns solos naturais.

Segundo Haering, Daniels e Roberts (1993), apud SATC (2012), ao longo do tempo os solos construídos tendem a adquirir uma estrutura quando é mantida sua cobertura vegetal. O rápido desenvolvimento do horizonte A, tem sido observado em solos construídos e revegetados, após o desenvolvimento do sistema radicular, contribuindo para a formação de agregados estruturais.

Na maioria dos casos, o solo das áreas construídas possui características físico-químicas alteradas, apresentando níveis baixos de nutrientes, quando comparados às do solo original. Um adequado desenvolvimento da vegetação pode auxiliar na correção desses fatores, ou seja, deve-se escolher espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger e enriquecer o solo, abrigar e alimentar a fauna, recompor a paisagem e restabelecer o regime hídrico (KOPEZINSKI, 2000).

De acordo com Gonçalves (2008), estudos realizados por Pedersen et al. (1980) e Hauser & Chichester (1989) mostram que os solos construídos são pouco estruturados, com alta densidade, baixa porosidade, menor infiltração, baixa condutividade hidráulica, baixa disponibilidade e redistribuição de água e mais alto teor de argila e de fragmentos rochosos em relação aos solos naturais de referência.

Esta compactação, embora o selamento dos estéreis seja desejável no que se refere a redução da contaminação das águas, torna no o solo incapaz de possuir uma porosidade suficiente para propiciar o desenvolvimento da vegetação, alem de induzir baixas taxas de infiltração da água no solo, induzindo ao deflúvio, ou seja a perda de solo construído por erosão (IPAT, 2012).

Os aspectos sobre reconstrução de solos na região ainda são pouco estudados. No entanto, geralmente solos reconstruídos em locais de mineração de carvão podem apresentar restrições ao desenvolvimento de vegetação, pelas deficiências físicas e nutricionais de alguns elementos (COSTA; ZOCCHE, 2009), fato agravado pela tendência em solos tropicais da matéria orgânica formadora do horizonte A de se mineralizar de forma mais rápida que sua reposição, via serrapilheira (IPAT, 2010).

4 METODOLOGIA

Este trabalho elabora uma pesquisa Qualitativa Exploratória, visando a interpretação dos acontecimentos, fenômenos e seus resultados, envolvendo o levantamento bibliográfico, observações de campo e coleta de informações empíricas e analisando os exemplos disponíveis na região de projetos de recuperação de áreas degradadas.

A partir de relatórios de monitoramento ambiental já executados nas áreas em recuperação, observações em campo e pesquisas em materiais e publicações bibliográficas acerca do tema, analisaram-se os principais usos futuros indicados para os PRAD´S de áreas degradadas pela mineração de carvão a céu aberto discutindo suas consequências e implicações na conservação e perpetualidade dos solos construídos.

Com base na literatura, foi realizada uma correlação entre os impactos ambientais e os possíveis usos que poderão ser instalados nestes solos construídos e discutindo possíveis restrições legais e problemas futuros com a escolha de cada

um dos usos apresentados, quando a segurança do projeto de recuperação. Foram também discutidas sugestões e necessidades de manejo dos solos construídos para implantação de cada um dos usos apresentados, visando garantir a segurança, e estabilidade dos solos construídos, para que estes não apresentem um novo quadro de degradação em um curto período de tempo.

As etapas para realização da pesquisa compreenderam as atividades de: visita a áreas anteriormente impactadas pela mineração de carvão a céu aberto, atualmente em monitoramento ambiental; descrição dos principais usos futuros indicados para aquelas áreas conforme referencial teórico e PRAD´S;discussão das implicações de cada um dos usos apresentados; discussão das possíveis restrições legais e problemas futuros com a escolha de cada um dos usos apresentados; e a proposição de sugestões e necessidades de manejo dos solos construídos para implantação de cada um dos usos apresentados, visando garantir a segurança e estabilidade das coberturas; sistematização dos dados levantados e redação da pesquisa.

5 ANÁLISE DOS DADOS

5.1. Principais Usos Futuros Indicados nos PRAD´s.

Em virtude dos quadros de degradação resultantes da exploração carbonífera, na região sul de Santa Catarina, o Ministério Publico Federal (2008), determinou critérios para definição dos usos futuros a serem dados as áreas recuperadas, após execução de seus projetos de recuperação. As áreas que são legalmente caracterizadas como APP´s (margem de rios, lagos, nascentes e topos de morro), devem ser recuperadas a condição ideal para manter espécies nativas de mata atlântica, sendo que nenhuma atividade econômica ou edificações poderão ser construídas nestas áreas. Um uso futuro diverso nestes casos, só poderá se admitido com base na legislação vigente, ou seja o Código Florestal.

Para áreas degradadas que não estejam incluídas em APP´s, o MPF considera aceitável quaisquer proposta de uso futuro, desde que respeite o Plano Diretor dos Municípios, as normas ambientais da FATMA, e que estas atividades não comprometam a impermeabilização do solo em áreas que tenham rejeitos carbonosos e ou estéreis contaminantes isolados por cobertura argilosa. Nas áreas, onde se prevê a utilização econômica, como agricultura, pecuária, implantação de

indústrias, loteamentos residenciais, entre outros, os proprietários devem ser advertidos sobre as restrições do terreno, informações estas que devem ser descritas nos PRADS. Ainda para estas áreas, conforme legislação vigente, 20% da área deve ser averbada como reserva legal.

As possibilidades de uso para áreas recuperadas na região carbonífera de Santa Catarina são amplas, desde que estes usos não comprometam a eficiência dos trabalhos de recuperação, isolamento de rejeitos carbonosos e diminuição das fontes geradoras de drenagem ácida de mina. A população local, os órgãos públicos, projetistas e as empresas envolvidas devem participar ativamente das decisões e destinos a serem dados as áreas recuperadas, para que em conjunto se construa uma melhor qualidade de vida nestes locais tão impactados anteriormente.

Apesar de severamente alterados pelas atividades de mineração, as áreas mineradas a céu aberto, são ainda capazes de render benefícios aos seus proprietários. As potencialidades de uso dependem de características próprias de cada modelo de PRAD executado, e de cada área, sendo elas físicas, territoriais, locacionais ou sócio-economicas.

A CSN possui um passivo ambiental, com responsabilidade de recuperação assumida com o Ministério Público Federal, na ordem de 843 hectares de terras que foram mineradas a céu aberto no período compreendido entre 1943 a 1989, nos municípios de Siderópolis e Treviso. Destes, aproximadamente 224 hectares já estão com os projetos executivos concluídos, com as áreas em fase de monitoramento ambiental, 221 hectares se encontram em obras de implantação dos PRADS, 25 hectares se encontram em fase de licenciamento pelo órgão ambiental e 373 hectares estão em fase de elaboração dos PRADS.

Dos 470 hectares que já possuem PRADS executados ou em obras de implantação e licenciamento, foram propostas de acordo com as necessidades e características de cada local trabalhado, diferentes espessuras de solo construído (camada argilosa) que variam de 20 a 50 centímetros de argila dispostos sobre os estéreis de mineração, estes acrescidos de turfa, cama de aviário e fertilizantes, a fim de construir um novo substrato para desenvolvimento da vegetação.

Apesar de alterados severamente pelas atividades de mineração, os locais minerados, após a implantação dos PRADS, podem ainda render benefícios aos seus proprietários. As potencialidades de uso dependem das características locais, sendo que a principal a ser seguida, é a premissa de não tornar a área

degradada novamente, em virtude do “novo uso” implantado.

Nas APP´s, nenhum outro uso que não seja preservação é contemplado. Com este fato em vista, para os 470 hectares já com projetos concluídos, a empresa prevê os seguintes usos para suas áreas anteriormente mineradas a céu aberto que não se caracterizam por APP´s: Implantação de loteamento industrial e/ou residencial (25 Hectares); Manutenção da vegetação e vida selvagem (29 Hectares); Implantação de áreas de recreação e lazer com laboratório de campo para pesquisas acadêmicas (60 Hectares); Implantação de unidades de exploração sustentáveis, como áreas para turismo, produção de mel e flores para decoração, ou ainda implantação de granjas de suínos e aves (356 Hectares).

Nos tópicos a seguir, são discutidas as principais implicações e restrições legais de cada um dos usos propostos pela empresa, acrescidos de outros usos indicados na literatura, entre eles, agricultura, pastagem e silvicultura, e quais suas implicações, no que tangem a segurança e perpetualidade dos projetos implantados.

5.2. Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais.

Em função de suas características topográficas, localização e principalmente proximidade com bairros, vilas ou até cidades, algumas áreas recuperadas podem ser especuladas para expansão urbana, seja ela residencial ou industrial (Figura 12). O crescimento demográfico, o aumento da industrialização e a concentração de pessoas no entorno das cidades, tem sido determinantes para o uso destas áreas recuperadas como expansão residencial e industrial.

Figura 12: Área Impactada pela Mineração de Carvão, destinada a implantação de loteamento residencial. A: Área antes das obras de RAD. B: Área após a implantação do loteamento. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.

5.2.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais.

A utilização das áreas para instalação de obras de engenharia, estradas, loteamentos, entre outros, apresentam como maior degradação a retirada dos horizontes superficiais do solo, para empréstimo e operações de terraplanagem. A exposição de horizontes sub-superficiais, a ausência de matéria orgânica, e a baixa disponibilidade de nutrientes, não permite que haja o estabelecimento de vegetação, facilitando ainda mais a ação dos processos erosivos (DIAS e GRIFFTH, 1998).

A desestruturação da topografia projetada para abertura de ruas e nivelamento de terrenos, a produção de sedimentos, e a geração de entulhos, são os principais problemas deste uso nas áreas já recuperadas (Figura 13).

Figura 13: Modificações na Topografia e Descobertura do Solo, atividades necessárias à implantação de Loteamentos de Forma Convencional. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor, 2013.

O impacto da urbanização e industrialização sobre os recursos naturais, não se dá apenas pela presença física, mas posteriormente também pelo consumo de energia e água, nestes locais tão frágeis. A exploração da vegetação implantada nas APP´s pela população local, o uso e poluição dos recursos hídricos pelo esgoto doméstico e/ou industrial, se não forem restritamente controlados, podem prejudicar ainda mais o grau de degradação daquela área, colocando o projeto de recuperação implantado em risco.

Taludes formados a partir de obras de terraplanagem para abertura de estradas entre outros, apresentam grandes riscos de deslizamento, alem de poderem destruir as coberturas argilosas projetadas, podendo assim trazer os materiais estéreis rochosos de volta a superfície.

A prática convencional da terraplanagem resulta em cortes e encostas íngremes, características de modelos artificiais e uniformes. No caso das áreas recuperadas, onde se construiu uma camada de solo não muito profunda sobre os estéreis para desenvolvimento da vegetação, quaisquer interferências deste tipo podem destruir a camada de cobertura dos estéreis, assim como trazê-los de volta a superfície, comprometendo os resultados do projeto (Figura 14).

Figura 14: Cortes realizados em taludes para abertura de estradas, expondo os materiais ocorrentes abaixo destas. A: Exposição de estéreis de mineração. B: Exposição de Camada de Carvão Aflorante. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.

A influência da topografia do terreno na intensidade erosiva verifica-se na declividade e no comprimento de rampa. Com a implantação de estradas, o acúmulo de água devido à impermeabilização da superfície intensifica a tendência à implantação de processos erosivos.

Na falta de um planejamento adequado na implantação dos loteamentos, as particularidades do meio físico construído ocasionarão focos de erosão urbana sobre estas áreas já recuperadas. Com a ampliação das áreas construídas e pavimentadas, o volume de água a escoar aumenta, podendo acelerar processos de ravinamento, caso a área não for preparada para tal.

Uma ocupação industrial/residencial muito intensa nestas áreas multiplicaria os riscos de acidentes. Junto a estes riscos, locais pouco utilizados podem ser foco de deposição de resíduos domiciliares e/ou industriais. A disposição de lixo nestas áreas agrava o quadro de degradação, transformando a área em um foco de doenças a população e ao meio ambiente.

5.2.2. Restrições Legais a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

De acordo com o documento “Critérios Técnicos para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão”, o essencial na reabilitação destas áreas é que os estéreis sejam isolados do ponto de vista hídrico, de forma a fazer cessar a contaminação dos recursos hídricos. A cobertura argilosa implantada deve resistir as ações antrópicas e/ou naturais atendendo a função de impermeabilização proposta, ou seja, quaisquer sejam as obras de terraplanagem, construções e ou fundações não devem jamais romper a cobertura implantada e proposta pelo PRAD licenciado junto ao órgão ambiental.

Ainda, é necessário, que o uso da área para implantação de loteamento residencial, ou industrial esteja de acordo com as normas e planos de expansão do município, em especial ao Plano Diretor em vigor, e com anuência do órgão ambiental (FATMA).

O Código de Defesa do Consumidor prevê que na implantação de loteamentos urbanos, os futuros compradores têm o direito de serem informados que se trata de antiga área lavrada e que há restrições de uso. Essas se referem ao não comprometimento da impermeabilização dos estéreis não inertes/rejeitos e cuidados especiais com as fundações e possíveis restrições de gabarito. As restrições devem ser averbadas na matrícula do imóvel junto ao Cartório de Registro de Imóveis, antes da conclusão das obras de recuperação.

Sendo dada uma destinação econômica à área situada em zona rural, pelo menos 20% (vinte por cento) devem ser averbados como reserva legal, nos termos do art. 16, III, da Lei 4.771/65. A área de reserva legal pode ser compensada em outra propriedade da mesma bacia hidrográfica, nos termos da lei (MPF, 2012).

5.2.3. Práticas Necessárias a Implantação de Loteamentos Industriais e/ou Residenciais, visando a proteção/preservação do solo construído.

Em resumo, no caso de implantação de loteamentos industriais e/ou residenciais, os projetos de terraplanagem e arruamento devem ser projetados anteriormente ao PRAD, fazendo assim com que após a implantação das coberturas argilosas, operações de corte e aterro, abertura de ruas e terraplanagem não sejam mais necessárias, impedindo assim o revolvimento de estéreis na área já

recuperada, e a perfuração do selo argiloso eventualmente construído.

Para isso, o projeto deve apresentar pavimentação e arruamento adequados a área, com declividades a fim de evitar a erosão e a geração de sedimentos. O traçado das ruas deve observar a declividade e o comprimento das vertentes, calculando os volumes de escoamento superficial e os fluxos de água, para que estes sejam desviados para locais com menor risco de erosão.

Após a estabilização do solo, as futuras construções deverão dispor de cuidados a parte nas fundações, já que estas devem primar pela preservação da cobertura argilosa impermeável implantada e proposta pelo PRAD licenciado junto ao órgão ambiental.

As fundações devem ser do tipo superficiais, também conhecidas como rasas, que comumente são empregadas onde as camadas do solo imediatamente abaixo das estruturas são capazes de suportarem as cargas. As obras civis devem ser então construídas com fundações do tipo “radier”, visando não prejudicar a estrutura da camada de argila impermeabilizante.

A área deve ter um excelente planejamento para controle de erosão, definido pela cobertura vegetal, taludes e sistemas de drenagem adequados e eficientes. Os taludes deverão ser construídos, atendendo a critérios geotécnicos, de modo a manter sua estabilidade e minimizar o desenvolvimento de processos erosivos. Sistemas de drenagens deverão ser construídos de modo a garantir a estabilidade, minimizar os processos erosivos e manter a integridade física da área.

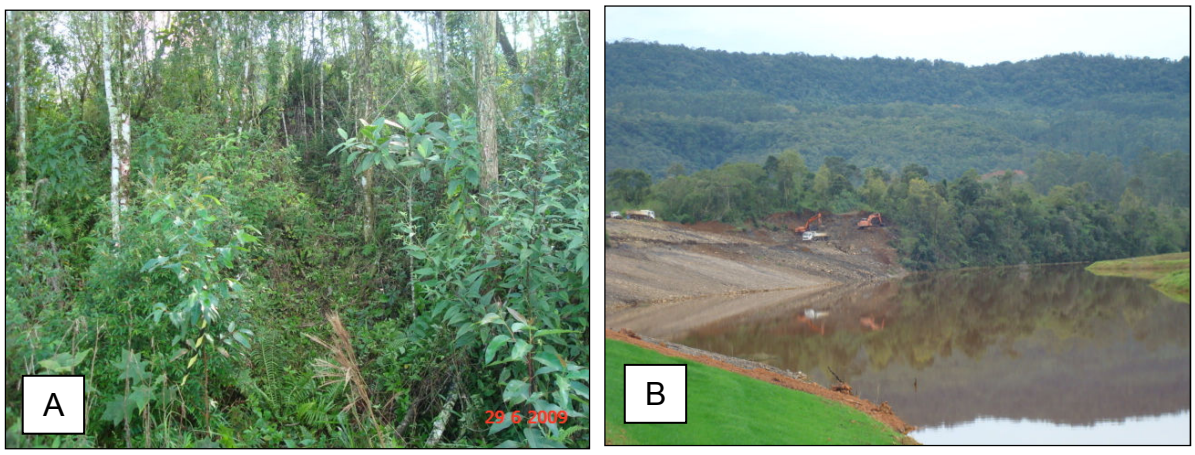
5.3. Implantação de Área Para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna.

O restabelecimento da vegetação em áreas anteriormente abertas e sem cobertura, após a introdução de espécies pioneiras, aliadas a alterações na topografia propostas pelo PRAD, podem levar a um processo avançado de sucessão vegetal, criando habitats favoráveis ao desenvolvimento não só da vegetação, mas também da fauna.

Há casos, onde as áreas mineradas apresentam certa regeneração e sucessão natural, mesmo sobre pilhas de estéril e rejeito, em pontos onde houve o abandono após o término das atividades de mineração, e alguma condição favorável permitiu o estabelecimento de certas espécies. Nestes locais, o enriquecimento destes remanescentes, ou mesmo não fazer nada neles, pode ser uma alternativa

viável, tendo em vista a boa intenção de conservar os recursos florísticos e faunísticos que ali se desenvolveram (Figura 15).

Figura 15: Remanescente de Regeneração Natural Sobre Pilhas de Estéreis de Mineração. A: Campo Malha II. B: Campo Morozini. Fonte: IPAT, 2009.



Em outras áreas, onde são necessárias obras de intervenção em virtude do não estabelecimento de coberturas vegetais espontâneas, as características do entorno da área minerada, como por exemplo a existência de extensas áreas de mata nativa, podem induzir o uso futuro da área como manutenção/preservação da flora e fauna, uma vez que servem como nichos naturais, contribuindo para o enriquecimento e repovoamento das espécies nas áreas arredores, contribuindo para diversidade biológica da área recuperada.

5.3.1. Segurança do Solo Construído Associada à Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna.

Áreas anteriormente mineradas, por se tratarem de ambientes extremamente frágeis, em função da reconstrução do solo e da reintrodução da vegetação, podem ter neste uso futuro sua melhor condição de restabelecimento.

O essencial na reabilitação destas áreas, é que os rejeitos e/ou estéreis que porventura ocorram na área devem ser removidos ou isolados do ponto de vista hídrico, de forma a fazer cessar a contaminação dos recursos hídricos.

Pode ainda haver re-exposição de contaminantes em virtude da espessura dos solos construídos que é geralmente pequena. O desenvolvimento radicular tende a ser superficial, e a queda de árvores em tempestades, pode expor raízes e trazer a superfície os contaminantes. Processos erosivos ainda podem estar presentes nestas áreas embora em menor intensidade, expondo e carreando

poluentes, de modo que são necessárias manutenções periódicas.

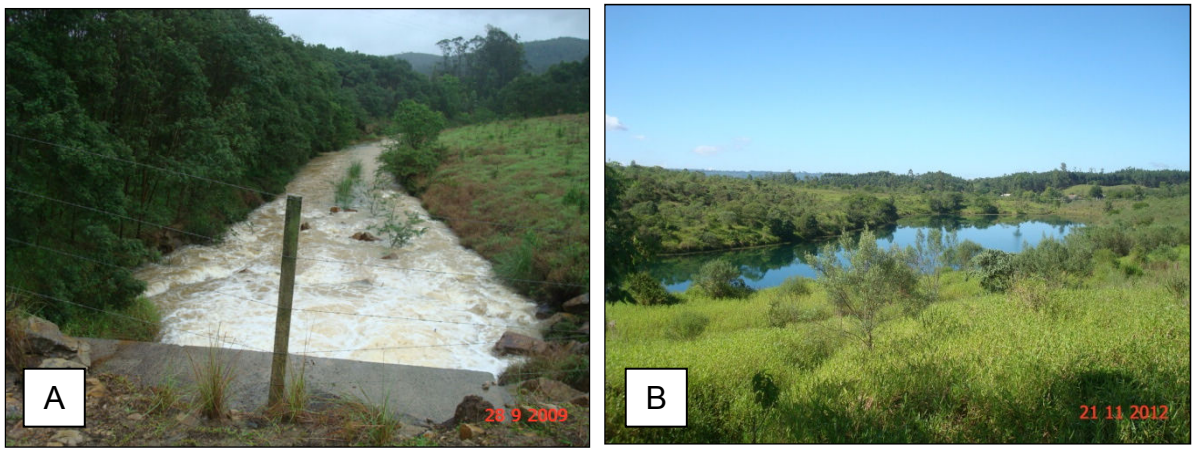
5.3.2. Restrições Legais a Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

De acordo com o documento “Critérios Técnicos para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão”, se á área for destinada a conservação da natureza, não basta recuperar a área e deixá-la ao acaso. É necessário que se crie uma Unidade de Conservação, numa das modalidades previstas na Lei 9.985/2000, de modo a garantir a eficácia da conservação. Parcerias com poder público municipal, ou estadual podem ser celebradas, de modo a garantir fiscalização.

Ainda, juntamente a decisão de tornar uma área para manutenção e conservação de fauna e flora, as áreas de APP (Áreas de Preservação Permanente), ou seja aquelas definidas no art. 2º da Lei 4.771/65, destinadas a proteção dos recursos hídricos, faixas marginais de cursos d’água, entorno de nascentes, ou áreas com alta declividade e topos de morros devem ter tratamento diferenciado.

Para as áreas degradadas, ou parte delas, que sejam legalmente caracterizadas como de preservação permanente, o único uso futuro possível é a preservação permanente. Ou seja, nenhuma atividade econômica ou edificação pode ser desenvolvida nestas áreas, que devem ter sua função ambiental recomposta. Desta forma, propõe-se a recuperação das áreas de preservação permanente degradadas à sua condição ambiental ideal, qual seja, a proteção dos recursos hídricos, com a vegetação típica de Mata Atlântica (Figura 16).

Figura 16: App´s em Processo de Recuperação Ambiental. A: Campo Malha II Oeste. B: Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2012.



Excepcionalmente, as áreas de preservação permanente objeto de projetos de recuperação poderão ter uso futuro diverso, nas hipóteses previstas no art. 4º do Código Florestal (Lei 4.771/1965) e Resolução CONAMA 369/2006, que autoriza, excepcionalmente, a supressão de vegetação e intervenção em áreas de preservação permanente, nas hipóteses de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, demonstrado em processo administrativo próprio, perante o órgão ambiental competente.

Alguns critérios devem ser observados para a recuperação de áreas de preservação permanente degradadas por lavra de carvão a céu aberto, entre eles: Após a caracterização do material, os estéreis não inertes com sulfetos deverão ser completamente removidos, com reposição de material inerte, não contaminante. A manutenção desses rejeitos e/ou estéreis no local, ainda que selados do ponto de vista hídrico, não pode ser permitida devido à sua função ambiental e à restrição legal. Quando o PRAD demonstrar a impossibilidade técnica de remoção completa dos estéreis não inertes, poderão ser adotadas outras soluções técnicas, como tratamento *in situ* e impermeabilização, desde que garantam a efetiva e gradual redução da geração de drenagem ácida, e a implantação de solo construído suficiente para suportar o desenvolvimento de vegetação nativa, sem comprometer a impermeabilização.

Nesta hipótese excepcional não será exigida a implantação de Floresta Ombrófila Densa, bastando a implantação de vegetação nativa que não comprometa a impermeabilização. No entanto, deverá haver a compensação ambiental, mediante a implantação ou recuperação de área de preservação permanente de dimensões semelhantes, em outra área, indicada pelo órgão ambiental, na qual será implantada Floresta Ombrófila Densa.

O solo construído deverá possibilitar a implantação da cobertura vegetal por Mata Atlântica, e esta cobertura deve ser realizada com espécies arbóreas típicas do bioma Mata Atlântica e ocorrentes em Floresta Ombrófila Densa.

5.3.3. Práticas Necessárias a Implantação de Área para Manutenção e Conservação de Flora e Fauna, visando a proteção/preservação do solo construído.

A cobertura vegetal e a diversidade florística dos ecossistemas são importantes indicadores do grau de estabilidade ou perturbação a que foram

submetidos, e são dados imprescindíveis para determinação do estágio sucessional em que se encontram. No caso da escolha pelo uso futuro da área, como preservação, o cuidado com as espécies a serem implantadas na etapa de revegetação da área a recuperar deve ser maior, tendo em vista que a mesma deve reproduzir com espécies de preferência nativas, uma floresta natural.

No caso das áreas onde forem executadas atividades de reconformação topográfica e isolamento de estéreis contaminantes ou rejeitos carbonosos, as espécies não devem comprometer a impermeabilização realizada sobre estes, ou seja, não devem ter sistemas radiculares profundos. A vegetação a ser implantada durante as obras de recuperação deve possibilitar a cobertura do solo, a fim de evitar processos erosivos.

5.4. Implantação de Parques e Áreas de Recreação.

Parques urbanos nascem da necessidade de dotar as cidades de espaços adequados para o lazer e recreação social. São também nestes parques introduzidas quadras esportivas, atividades de conservação dos recursos naturais, brinquedos infantis, e parques temáticos.

Estes espaços de uso comum visam promover a interatividade entre cidadãos e estruturas, de forma a criar uma sociedade participante, dinâmica e conhecedora de suas características culturais e históricas.

Nos projetos de recuperação de áreas degradadas para áreas de lazer, recreação e esportes, este uso se apresenta como favorável a gerenciabilidade e sustentabilidade local. Áreas verdes são espaços livres, com vegetação fazendo parte de equipamentos urbanos, parques, jardins, cemitérios, bosques, playgrounds, praças para shows, pistas de caminhada, camping, rios e lagos (Figura 17).

Figura 17: Parque Urbano Construído em Área Anteriormente Minerada na Cidade de Criciúma. A: Palco para Apresentações. B: Quadra de Esportes. C: Monumentos Culturais. D: Academia de Ginastica. Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma.

5.4.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Parques e Áreas de Recreação.

Os parques urbanos são áreas verdes com uma função ecológica, estética e de lazer com uma extensão maior que as praças e jardins. Atualmente estes representam a possibilidade de respirar “ar puro” em meio às cidades.

De modo geral, as observações ditas para implantação de loteamentos residenciais e/ou industriais se replicam para o caso da implantação de parques ou áreas de recreação.

A utilização das áreas para instalação de praças, jardins, calçadões, palcos musicais, quadras poliesportivas, entre outros, apresentam como maior degradação a retirada dos horizontes superficiais do solo, para empréstimo e operações de terraplanagem. A desestruturação da topografia projetada para abertura destas benfeitorias e nivelamento de terrenos, a produção de sedimentos, e a geração de entulhos, são os principais problemas deste uso nas áreas já recuperadas.

A prática convencional da terraplanagem resulta em cortes e encostas íngremes, características de modelos artificiais e uniformes. No caso das áreas recuperadas, onde se construiu uma camada de solo não muito profunda sobre os estéreis para desenvolvimento da vegetação, quaisquer interferências deste tipo podem destruir a camada de cobertura dos estéreis, assim como trazê-los de volta a superfície, comprometendo os resultados do projeto.

Na falta de um planejamento adequado na implantação destes parques, as particularidades do meio físico construído ocasionarão focos de erosão sobre estas áreas já recuperadas. Com a ampliação das áreas construídas e pavimentadas, o volume de água a escoar aumenta, podendo acelerar processos de ravinamento, caso a área não for preparada para tal.

No caso das áreas onde forem executadas atividades de reconformação topográfica e isolamento de estéreis contaminantes ou rejeitos carbonosos, as obras e fundações realizadas não devem comprometer a impermeabilização realizada sobre estes.

5.4.2. Restrições Legais a Implantação de Parques e Áreas de Recreação em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

Para que o local possa ser caracterizado como área de interesses recreativos, culturais e científicos, é necessário que se torne declarado por ato do poder público, uma Área de Proteção Especial, de acordo com a Lei 4.771 de 15/09/65, art 3º, onde possam ser conjugados estes usos, tornando-se para a comunidade uma nova opção de lazer, um atrativo turístico. No caso das áreas ocorrentes em meio rural e pode se tornar um laboratório de pesquisas. de campo para as universidades, onde possam ser realizadas experimentações e desenvolvidas técnicas cada vez mais apuradas de reabilitação ambiental.

É necessário ainda, que o uso da área para implantação de Parque ou Área de Recreação esteja de acordo com as normas e planos de expansão do município, em especial ao Plano Diretor em vigor, e com anuência do órgão ambiental (FATMA).

5.4.3. Práticas Necessárias a Implantação de Parques e Áreas de Recreação visando a proteção/preservação do solo construído.

A elaboração de um programa ou projeto do espaço público a ser

construído, deve seguir paralelamente a elaboração do PRAD. O PRAD já deve ser projetado para este uso futuro, não prevendo a realização de posteriores atividades de terraplanagem e abertura de vias, ou quaisquer modificações no terreno.

A escolha dos equipamentos e a construção do parque deve obedecer a parâmetros como a disponibilidade de espaço físico, declividade do local, acessibilidade, presença de recursos hídricos, áreas reconformadas, número aproximado de usuários, interesses políticos e comunitários e disponibilidade de verba para implantação.

A conservação e manutenção destes parques e áreas verdes devem merecer atenção continuada do poder público, que gerencia o uso que a população faz deste espaço. O uso público destas áreas está diretamente ligado à manutenção, conservação e segurança que a esta á dado. Equipamentos implantados devem ser reparados assim que sofrerem dano a fim de evitar o aspecto de abandono na área. Campanhas anti-vandalismo e ao uso adequado dos equipamentos, devem ser motivadas.

Iluminação eficiente, gramas cortadas e segurança municipal presente são atividades determinantes para o sucesso de um parque urbano ou área verde de recreação.

A vegetação a ser implantada nestas áreas deve ser manejada constantemente, com roçadas e corte das espécies arbóreas com raízes pivotantes para que estas não perfurem o selo de argila compactada, no local onde este selo foi construído no intuito de isolar os estéreis de mineração da água da chuva.

A destinação de uma antiga área degradada, como parque verde, ou área de recreação, auxilia no aumento da qualidade de vida da população, qualidade esta por vezes perdida nos grandes centros. Estas áreas desenvolvem condições de conforto ambiental não só para o local em questão, mas para todo o entorno deste.

5.5. Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Com Usos Múltiplos: Turismo Rural, Produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento.

A fragilidade tanto física quanto química do ambiente reconstruído exige que o uso futuro do local recuperado passe por um período de monitoramento, sendo seu uso neste momento voltado a preservação e a sucessão vegetal, evitando-se assim atividades agropecuárias extensivas.

Entretanto, a implantação de áreas para exploração sustentável de recursos naturais, como a produção de mel, flores ornamentais, a delimitação de locais para lazer e turismo, conforme já mencionado anteriormente, ou até a implantação de granjas integradas de suínos e aves, desde que a alimentação destes não seja produzida na área, podem coexistir com as áreas de preservação, desde que essas atividades sejam devidamente planejadas e licenciadas pelos órgãos competentes.

A consorciação do uso econômico da área, com recuperação ambiental e inclusão social, pode ser neste caso essencial para o completo estabelecimento do projeto de recuperação ambiental, permitindo que estes, venham, em longo prazo, cumprir os objetivos inicialmente propostos para a área.

5.5.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável.

Embora o cultivo comercial e intensivo de espécies ornamentais possa ser altamente tecnificado o cultivo extensivo é relativamente simples e não traz danos ao solo construído, uma vez que o trabalho inicial seria plantar mudas na superfície do terreno, em locais com vegetação de cobertura já implantada sem necessidade de adição de fertilizantes ou defensivos agrícolas.

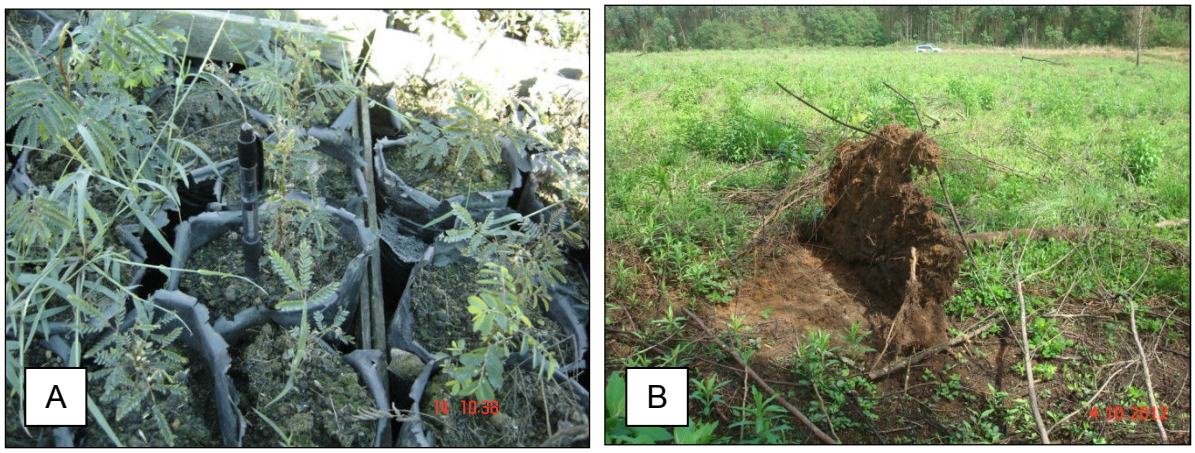
Após o estabelecimento das espécies ornamentais, o trabalho se resume na coleta de suas flores e folhas. Muitos dos trabalhadores não dependem financeiramente de forma direta da coleta, ou seja, a coleta das flores e folhas não é a atividade principal, pois é necessário pouco tempo de dedicação, sendo esta atividade utilizada como fonte de renda adicional, muitas vezes desenvolvida apenas pelas mulheres (NICOLEITE, 2010).

O impacto ao solo, ou ao projeto implantado é praticamente inexistente, tendo em vista que o processo não é mecanizado, predominantemente manual e não exige o revolvimento do solo. O cultivo em pequenas parcelas deixa o impacto restrito somente ao caminhamento do coletor pelo meio da vegetação na coleta das flores e folhas, tornando a atividade sustentável ao projeto. Trabalhos de Mestrado, incentivados pela universidade local já demonstraram a viabilidade do projeto em alguns locais já recuperados.

Além do uso/exploração de espécies ornamentais, outras alternativas podem ser propostas para aumentar a fonte de renda das comunidades locais, como

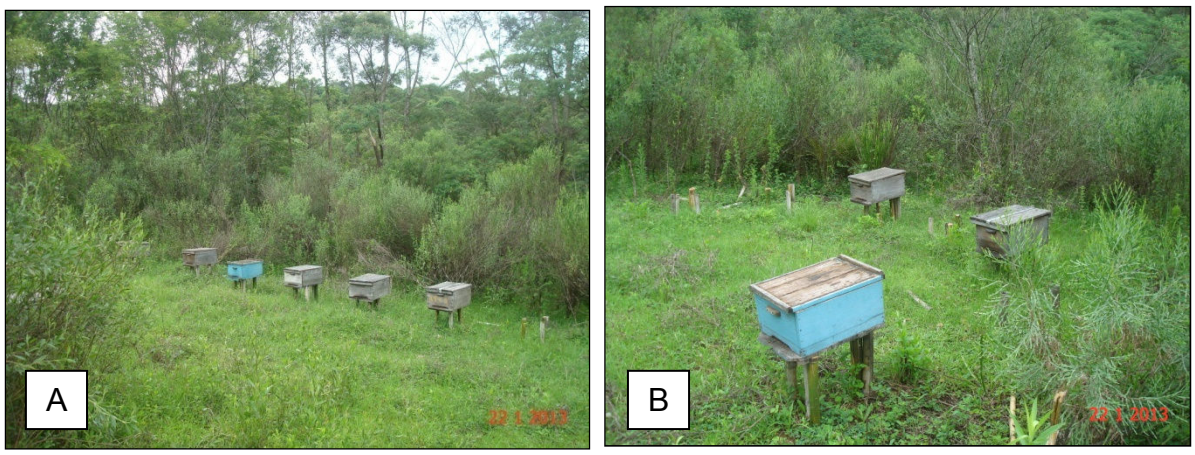
o uso sustentável da bracatinga. Esta espécie é amplamente utilizada para produção de lenha, carvão, como melífera, para fabricação de compensados, embalagens leves e de móveis. Devido à falta de opções para as áreas em recuperação e tendo em vista a utilização da bracatinga por um longo período, o manejo sustentável, com a retirada seletiva de bracatingas tombadas, ou em fim de ciclo, poderia ser uma oportunidade de ampliação de fonte de renda das comunidades locais, e eventuais proprietários das áreas recuperadas (Figura 18).

Figura 18: Bracatinga (Mimosa Scabrella), espécie arbórea utilizada em RAD. A: Bracatinga. B: Bracatinga Tombada, Possivel de Manejo. CSN - GRA/SC, 2012.



Quanto a implantação de unidades de apicultura, esta pode se apresentar como mais uma das atividades capazes de causar impactos positivos, tanto sociais quanto econômicos, além de contribuir para a manutenção e preservação dos ecossistemas reabilitados (Figura 19).

Figura 19: Populares "Caixas de Abelha", utilizadas para produção de mel, encontradas em áreas já em processo de RAD. CSN - GRA/SC, 2013.



A maioria das áreas recuperadas apresentam características especiais de flora e clima que, aliadas a presença das abelhas africanas, lhe conferem um potencial fabuloso para a atividade apícola, ainda pouco explorado. O produtor pode obter ainda renda de outros produtos derivados do mel, como a cera, o própolis, o pólen, a geléia real, o hidromel e a cachaça de mel.

Para sobreviverem, as abelhas necessitam alimentar-se e atender às exigências de seu organismo quanto às necessidades de água, proteínas, sais minerais, entre outros. As abelhas necessitam de reservas de alimento suficientes para atender a sua própria alimentação e das crias em desenvolvimento. Em épocas de escassez de néctar e pólen, é comum os apicultores perderem seus enxames que, enfraquecidos em razão da fome, migram à procura de condições melhores.

Para isso, nas áreas em questão, as abelhas têm na bracatinga, e entre outras espécies que são utilizadas para recuperação ambiental, grande fonte de alimento para produção do mel (Figura 20). Alem do mais, a maioria das áreas que se encontram no meio rural, são vizinhas a grandes áreas de plantio de eucaliptos, grande fonte também de alimento para as abelhas.

Figura 20: Abelhas alimentando-se das flores da bracatinga. Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2013.

Quanto a instalação de granjas integradas, para produção de aves ou suínos em confinamento, esta atividade atualmente constituiu-se no setor pecuário

com maior índice de industrialização. As questões ambientais relacionadas a essa atividade tomam a cada dia uma importância ainda maior, devido aos vários atores desta cadeia exigirem um desenvolvimento produtivo com qualidade nutricional e ambiental, principalmente, os consumidores. Para o caso da implantação destas unidades em áreas em processo de recuperação ambiental, este cuidado deve ser ainda maior.

Figura 21: Granja para produção de aves, em propriedade vizinha a área de RAD. Campo Morozini. CSN - GRA/SC, 2012.

Na instalação destas unidades é necessário que sejam tomadas restrições quanto ao gabarito das construções, galpões e outras benfeitorias necessárias. As fundações devem ser do tipo superficial, também conhecida como rasa. As obras civis devem ser então construídas com fundações do tipo “radier”, visando não prejudicar a estrutura da camada de argila impermeabilizante.

É importante, que neste caso a granja ou unidade de produção de aves ou suínos, seja implantada em um local cuidadosamente analisado no interior da área de recuperação. Esta deve se localizar em um local plano, distante dos recursos hídricos (lagos, rios e córregos), evitando ao máximo que as fontes de poluição (efluentes e resíduos) que eventualmente possam “sair” da granja, atinjam aos recursos hídricos.

A alimentação, assim como a água utilizada para dessedentação dos animais deve ser proveniente de áreas fora das incluídas no projeto de recuperação ambiental, visando a segurança alimentar dos animais, bem como a redução dos impactos da atividade sobre a área. Os efluentes e resíduos gerados, também devem receber atenção especial para que sejam cuidadosamente tratados e recebam destinação correta, visando não prejudicar as obras e ações tomadas no PRAD. A implantação de granjas integradas em áreas anteriormente degradadas exige um cuidado todo especial para que não causem grandes danos aos projetos implantados, levando-se em conta o potencial poluidor e degradador da atividade.

5.5.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Turismo, produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

A utilização das áreas como unidades de exploração sustentável, tem a vantagem de fornecer produção de renda e inclusão social a famílias locais, alem de se executada de forma correta, não onerar ou prejudicar as ações realizadas para recuperação das áreas.

É necessário que para implantação de todas das atividades descritas acima, por estarem inseridas em áreas de recuperação ambiental estas passem por processos de licenciamento adequados, cuidadosamente avaliados por corpo técnico qualificado dos órgãos ambientais licenciadores, para que sejam assim liberados pelos órgãos competentes.

De acordo com Citadini-Zanette et al. (2008) a exploração sustentável em áreas de recuperação vem ao encontro de expectativas regionais, pela possibilidade de uso de espécies nativas para recuperação de ecossistemas alterados. Esta ação dá às empresas mineradoras, oportunidade de compensar às comunidades locais pelo dano econômico, social e ambiental, por meio de geração de empregos com tecnologia limpa.

5.5.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Exploração Sustentável, Turismo, Produção de Mel, Flores, Suínos e Aves em confinamento, visando a proteção/preservação do solo construído.

Para que a implantação das atividades acima em áreas recuperadas, é necessário que alguns cuidados sejam cuidadosamente seguidos. Além dos já

relatados, a maioria deles se refere à mecanização destas atividades. Quaisquer ações, se não realizadas manualmente, do modo cotidiano na pequena propriedade rural e passarem a ser mecanizadas, com o uso de equipamentos de grande porte, podem trazer danos incalculáveis aos projetos de recuperação. A inserção destes usos não nas áreas, não deve visar grandes produções, mas sim apenas a utilização da área com alguma geração de renda às populações locais.

Para o caso da exploração sustentável da bracatinga, sugere-se que seja realizado manejo sustentável por meio de ciclos de exploração com a retirada de um número de indivíduos a cada ciclo, e com reposição pelo próprio dinamismo da espécie (STEENBOCK, 2009 apud CITADINI-ZANETTE et al, 2008). Este manejo tende a respeitar o ciclo de vida da bracatinga, de forma que sejam aproveitadas ao máximo suas potencialidades de uso.

Quanto à implantação de espécies ornamentais, sob plantio homogêneo de bracatinga em áreas de recuperação ambiental, trabalhos acadêmicos já apresentaram que sua utilização é viável e capaz de proporcionar inclusão social das comunidades locais em projetos de recuperação ambiental, por proporcionar fonte de renda adicional com uso de um produto florestal não madeireiro que não apresenta restrições técnicas e ambientais.

Com a implantação de pequenas unidades de apicultura, o impacto ao solo, ou ao projeto implantado é praticamente inexistente, tendo em vista que assim como a produção de espécies ornamentais, o processo não é mecanizado, predominantemente manual e não exige o revolvimento do solo. O tratamento do mel coletado, bem como seu envase, em salas preparadas para tal atividade fora das áreas impactadas, e a postura das caixas de coleta em pequenas áreas, cuidadosamente localizadas nas áreas de RAD deixa o impacto restrito somente ao caminhamento do coletor pelo meio da vegetação para coleta do mel nas caixas, tornando a atividade também sustentável ao projeto.

Para a implantação de granjas integradas para produção de suínos e aves em áreas de projetos de recuperação ambiental, cuidados maiores são necessários. A implantação da atividade deve necessariamente não causar danos ao meio ambiente recuperado.

Um Plano de Gestão Ambiental da granja deve ser aplicado após a implantação da atividade, onde devem ser considerados: a destinação dos resíduos

produzidos pela granja como a cama de aviário e as carcaças de animais mortos, no caso da avicultura, ou os efluentes líquidos no caso da suínocultura.

A cama de aves pode ainda ser aproveitada como fonte de nutrientes para as culturas vegetais, ou para novos projetos de Recuperação Ambiental a serem executados, prática esta já utilizada há alguns anos e que apresenta grande sucesso nos projetos.

A Racionalização do uso de recursos naturais, alimentos, água e outros insumos, deve também ser foco desta implantação, tendo em vista que a avicultura e a suinocultura são altamente dependentes de recursos naturais como água e solo e, insumos, principalmente, ração e energia elétrica. O uso racional destes irá proporcionar uma longevidade produtiva à criação e vantagens econômicas a serem refletidas no custo de produção, tendo em vista que toda a alimentação e água utilizada para criação dos animais devem vir necessariamente de fora das áreas impactadas.

5.6. Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura.

Para Abrahão e Mello (1998), a incorporação das áreas recuperadas ao processo produtivo agrícola, silvícola ou pastoril é uma pretensão que nem sempre pode ser atingida, uma vez que o custo pode ser muito maior que o benefício. Em resumo, a estratégia é interferir em um ou mais fatores de formação do solo, acelerando sua gênese, reduzindo os processos erosivos e recompondo a paisagem pela revegetação.

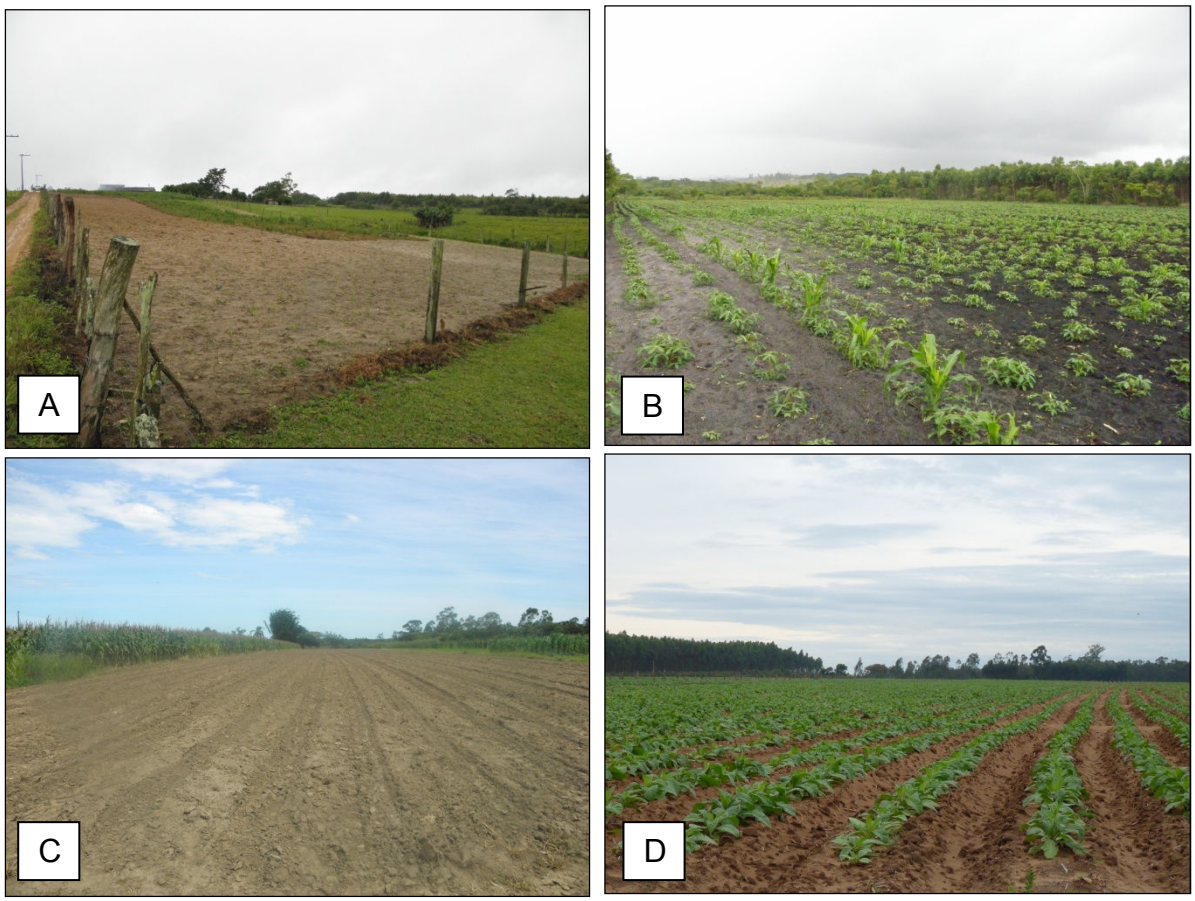
A agricultura orgânica devido aos seus meios naturais de cultivo, com dispensa de adubos químicos e pesticidas, contribui para uma melhor manutenção da fauna e da flora edáfica e do ecossistema, aumentando a matéria orgânica, a resistência à erosão e diminuindo a poluição ambiental, privilegiando a recuperação do ambiente degradado.

O manejo inadequado dos solos agrícolas, sem o uso de práticas conservacionistas, sem recursos destinados a aquisição de insumos e a ausência de planejamento a médio e longo prazo podem ser considerados os fatores decisivos para degradação dos solos (DIAS e GRIFFITH, 1998).

5.6.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura.

De acordo com Seixas (1984), os cultivos limpos, ou cultivos anuais, são caracterizados pelo fato de exigirem capinas, ou limpas freqüentes, como milho, fumo, algodão, mandioca, feijão, batata, entre outras. Estes cultivos expõem o solo a maiores riscos, pois através das capinas e da mecanização, fazem com que o solo fique desprotegido ou desnudo em alguns períodos, podendo ser carreados mais facilmente pelas chuvas e pela ação do vento (Figura 22).

Figura 22: Exemplos de cultivos convencionais, com solo sem proteção contra a água da chuva durante o ciclo da cultura. A: Batata B: Mandioca C: Milho D: Fumo. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



Estes cultivos são também os que mais exigem o uso de pesticidas, onde através de seu uso inadequado acaba por levar a poluição do solo e dos recursos hídricos (Araújo, 2005).

Os cultivos densos, como trigo, aveia, cevada e arroz, dotados de crescimento rápido, são capazes de manter uma melhor cobertura do solo. Cultivos de larga duração exigem tratos culturais moderados, causando pouca remoção de

solo, a exemplo dos capins e leguminosas para corte, fenação e ensilagem. (SEIXAS, 1984).

Na eventual possibilidade futura para o uso agrícola das áreas, onde os PRADS a preveem a construção de uma camada de argila impermeabilizante, para isolamento dos rejeitos e estéreis das águas de chuva, a cobertura vegetal prevista pelo PRAD deve se estabelecer em um substrato diferente e superior a camada impermeabilizante destes. A espessura do substrato deve encontrar-se especificada no PRAD, de acordo com a arquitetura radicular das espécies vegetais recomendadas.

Contudo, deve se considerar que o comprimento e volume das raízes nem sempre é idêntico. O sistema radicular de uma planta varia segundo a espécie e até mesmo entre suas variedades, mas também com o tipo de solo, a disponibilidade de água, a fertilidade, o clima, etc. (PRIMAVESI,1980).

O desenvolvimento das raízes está ligado muito ao adensamento do solo. Solos com densidade superior a partir de 1,2 g/cm^3 tornam-se verdadeiras barreiras ao desenvolvimento radicular. Geralmente, 65% das raízes de plantas herbáceas encontram-se na camada superficial dos solos (PRIMAVESI,1980).

Teme-se a erosão do solo construído pelo uso agrícola das áreas recuperadas e consequentemente, o rompimento da camada impermeabilizante. É reconhecido que, na maioria das vezes, a erosão do solo é decorrente principalmente do uso incorreto do solo, sem a adoção de técnicas de conservação.

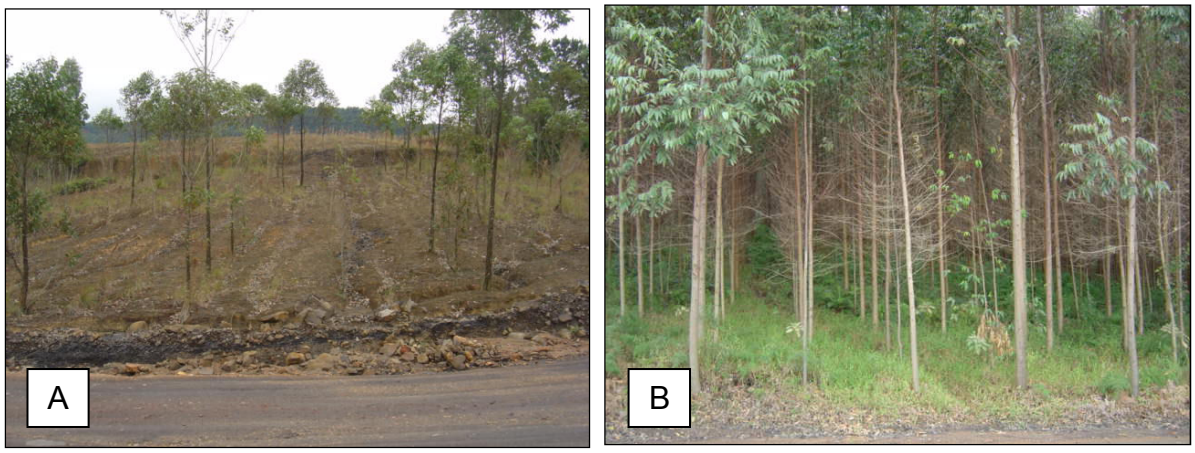
Assim, o uso agrícola do solo das áreas recuperadas passa, necessariamente pela impermeabilização dos rejeitos/estéreis no interior do perfil do solo, pela construção de um substrato agrícola adequado ao cultivo de espécies com características definidas em projeto, pelo uso do substrato orientado por práticas de manejo e conservação do solo específicas, como de rotação de culturas, período de “pousio”, uso de curvas de nível, cultivo mínimo, plantio direto, adubação verde, cordões vegetais, pastoreio rotativo, etc., acompanhando de uma assistência técnica rural, pelo monitoramento semestral da integridade das áreas de rejeitos/estéreis impermeabilizados, através da análise das águas do freático, monitoramento semestral do substrato agrícola, e da análise de suas propriedades químicas, físicas e biológicas. O monitoramento semestral da cobertura vegetal da áreas, através da análise foliar, radicular, verificando o translocamento de elementos do substrato à parte aérea da espécie em questão também se faz necessário, tendo em vista que a

agricultura em áreas recuperadas ainda é fato novo, e não se tem conhecimento de suas reais implicações no projeto.

O reflorestamento com árvores de valor comercial é outra possibilidade para o uso das áreas anteriormente degradadas. Em geral as árvores são plantas menos exigentes em solo e topografia que os cultivos anuais. Por outro lado, as condições empobrecidas dos locais minerados podem retardar o estabelecimento, a sobrevivência e o crescimento das plantas, sendo necessária uma escolha cuidadosa das espécies e técnicas de plantio.

Segundo Seixas (1984), as florestas, naturais ou plantadas, é a melhor proteção dos solos contra os agentes de erosão, especialmente para os solos com altas limitações de uso para agricultura e pecuária. A grande desvantagem, é que estas florestas apresentam-se quase sempre homotípicas, criando um ecossistema pobre em diversidade de vida vegetal e animal, o que não se deseja no caso da recuperação de uma área anteriormente minerada (Figura 23) .

Figura 23: Implantação de Silvicultura em àreas anteriormente mineradas. A: Implantação de Eucaliptos diretamente sobre estéril de mineração. B: Implantação de Eucaliptos sobre cobertura argilosa. Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



A abertura de clareiras, assim como o corte de lenha afeta áreas menores, não destrói toda a vegetação, e não envolve a destruição da matéria orgânica, raízes, sementes entre outras, porém, facilita a abertura de caminhos e estradas (Araújo, 2005).

No caso das áreas que foram fruto de projetos de recuperação ambiental de áreas mineradas a céu aberto, e tiveram coberturas argilosas antrópicas aplicadas sobre material estéril, a vegetação arbórea afeta a estabilidade do solo

superficial, principalmente pelo aumento na resistência ao cisalhamento, através do reforço oferecido pelas raízes (Araújo, 2005).

A resistência e arquitetura das raízes são reguladas pelo tipo de planta, pelo solo e condições do local. A implantação de uma floresta para retirada de madeira deve avaliar estes fatores, antes que as plantas promovam uma instabilidade dos locais de plantio.

Estudos sobre a morfologia das raízes necessitam de uma escavação cuidadosa, são difíceis e caros de serem realizados. As Raízes das árvores podem se estender por distâncias consideráveis. Autores citam pinheiros com dez anos de idade, com raízes com cerca de sete vezes a altura das árvores. Como regra geral muito útil, alguns autores adotam que o sistema radicular de uma árvore cresce cerca de pelo menos uma vez e meia o diâmetro da copa.

A vegetação arbórea é mais vigorosa e tem um sistema radicular mais profundo do que plantas herbáceas e gramíneas, fornecendo maior fortalecimento mecânico e ação de sustentação. Gramíneas e herbáceas, por outro lado crescem próxima a superfície, fornecendo uma densa cobertura ao solo, interceptando a chuva, prevenindo assim a ocorrência de erosão superficial.

Embora a vegetação arbórea geralmente tenha efeitos benéficos quanto a estabilidade do solo, também podem apresentar efeitos adversos nas condições encontradas nas áreas recuperadas. Estes efeitos incluem sobrecarga ao solo, o tombamento pelo vento e a ruptura do selo argiloso com função de impermeabilizar os rejeitos e estéreis contaminantes eventualmente ocorrentes na área pelas raízes pivotantes das espécies implantadas.

É importante e recomendado que se as áreas já reabilitadas forem destinadas ao reflorestamento com plantios de espécies econômicas que não sejam utilizadas para alimentação humana ou de animais, o manejo destas espécies não requeira destoca, pois esta se caracteriza como atividade de alta intervenção no solo, e certamente destruirá as camadas de argila colocadas na função de isolar os estéreis contaminantes.

5.6.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

Para a maioria das áreas reabilitadas, são recomendadas pelos projetistas restrições quanto ao uso da terra para produção de cutígenos (animais e

vegetais), ao reflorestamento com essências exóticas como pinus e eucalipto e a caça e pesca, a fim de garantir segurança ao projeto implantado. A restrição a produção de cutígenos, hortaliças, frutíferas, cereais e leguminosas se justifica pela possibilidade de contaminação da cadeia alimentar por meio da absorção e translocação de metais pesados nas plantas, isto porque, a acumulação destes elementos pode ocorrer nas raízes, nas folhas, nos ramos, ou nas sementes. Metais como o Fe, o Mn, o Zn, o Cr e o Ni, normalmente considerados como micronutrientes no metabolismo animal e vegetal, tornam-se elementos tóxicos quando em elevadas concentrações. Como o homem se encontra no topo da cadeia alimentar, determinados metais assim como organoclorados, tendem a se acumular no organismo humano se alimentos contaminados forem ingeridos.

O documento, Critérios Técnicos para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas Pela Mineração de Carvão, diz que na hipótese de implantação de culturas agrícolas, e/ou manejo florestal sustentável, a cobertura pode se dar com implantação da própria cultura agrícola, desde que sejam atendidos, cumulativamente no PRAD, os seguintes requisitos: Inexistência de rejeitos e estéreis contaminantes na área, Construção de solo de forma compatível com as condicionantes da atividade, garantia que o cultivo agrícola assegure a estabilidade e cobertura do solo e implantação da cultura dentro do prazo para conclusão das obras de reabilitação (Fase de LAI).

5.6.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Uso Agrícola (Plantio) e Silvicultura, visando à proteção/preservação do solo construído.

Áreas impactadas pela mineração de carvão apresentam restrições quanto ao uso futuro, para fins agropastoris e florestais. Estas limitações estão relacionadas, principalmente à permanência de rejeitos nas áreas. Estes rejeitos, normalmente são impermeabilizados com coberturas argilosas com espessuras variáveis, dependendo do caso. Esta camada deve ser protegida, e por este motivo não é permitido o uso de espécies arbóreas que possuam sistemas radiculares profundos, que porventura possam romper esta camada impermeabilizante. Já a destinação das áreas para agricultura, necessita de tratos agronômicos e revolvimento do solo, podendo também desta forma destruir esta camada impermeabilizante.

Qualquer tipo de agricultura promove perturbações ao meio ambiente original, porém a agricultura orgânica, se praticada de forma adequada, na pequena propriedade rural e sem mecanização, pode manter o equilíbrio do ecossistema agrícola. Os métodos empregados na produção conservam a fauna e a flora, promovendo a uma maior ciclagem dos nutrientes em relação à agricultura convencional. A agricultura orgânica tem como principal objetivo manter a fertilidade do solo com o uso de adubos “verdes” e rotação de culturas, promovendo uma cobertura permanente ao solo facilitando a ciclagem de nutrientes, diminuindo perdas por erosão, contribuindo para o bom sucesso do processo de recuperação ambiental.

O cuidado, no entanto, fica na necessidade de melhores estudos no que trata da absorção e translocação de metais pesados nas plantas, animais e pessoas que vierem a consumi-las. O solo pode ainda estar contaminado por metais pesados e outros elementos químicos, que podem ser absorvidos pelas plantas e transferidos através das cadeias tróficas para diferentes espécies, fato este que restringe o uso das áreas para cultivo de espécies medicinais ou alimentícias.

De acordo com Citadini-Zanette (2008), estas restrições nem sempre são compreendidas pela comunidade local, que deseja destinar as áreas em recuperação para o uso que consideram mais adequado, possibilitando rápido retorno econômico. Muitas vezes, estes usos são incompatíveis com as exigências legais, e originam conflitos sociais entre as empresas e as comunidades locais.

Em áreas cultivadas, a cobertura vegetal do solo apresentará variações conforme a cultura agrícola e seu estágio de desenvolvimento. O uso de práticas de conservação do solo associadas ao cultivo através de técnicas de cultivo mínimo, plantio direto, plantio em nível, entre outros, minimiza assim os efeitos erosivos sobre o substrato e, consequentemente, sobre a camada impermeabilizante dos rejeitos/estéreis. Quando previsto o uso agrícola da área em recuperação, o PRAD deverá trazer consigo as técnicas de uso e conservação do solo que deverão ser imprescindíveis à sua exploração.

Quaisquer ações com relação ao manejo das áreas para agricultura e silvicultura, se forem mecanizadas, com o uso de equipamentos de porte, podem trazer danos aos projetos de recuperação. A inserção de métodos intensivos de revolvimento do solo, adubações, calagem e aplicação de insumos, fertilizantes,

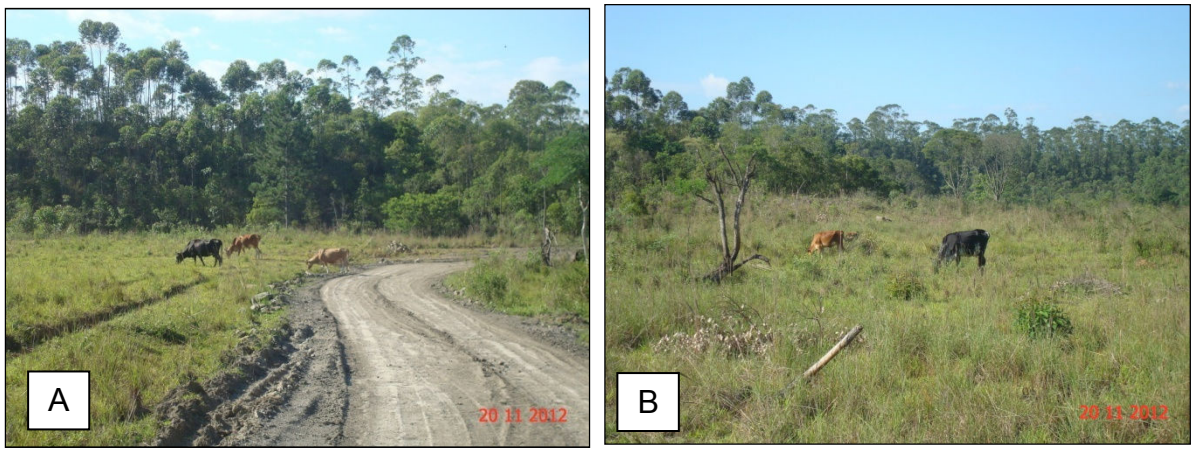
pesticidas e herbicidas pode levar todo investimento em recuperação da área, bem como todo o projeto de RAD ao total insucesso.

A degradação das terras depende em parte da quão intensivamente ela seja explorada, e da habilidade/vontade do proprietário em responsabilizar-se por medidas conservacionistas. Pequenas propriedades podem ser exploradas de forma suficiente para a subsistência de uma família, sem maiores danos ao ambiente (Araujo, 2005).

5.7. Implantação de Áreas de Pastagem.

Em sistemas de produção animal sob pastejo, a base da alimentação são as forrageiras implantadas na área. Na pecuária de corte, as pastagens são um patrimônio a ser preservado, podendo estas também ser destacadas como possíveis usos futuros as áreas anteriormente mineradas (Figura 24).

Figura 24: Áreas em Processo de RAD sendo utilizadas como pastagem. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.



Para Seixas (1984), as pastagens, uma vez formadas e com manejo adequado, oferecem uma ótima proteção ao solo, comportando-se como um cultivo denso permanente, ideal para proteção ao solo nas áreas anteriormente mineradas.

5.6.1. Segurança do Solo Construído Associada a Implantação de Áreas de Pastagem.

As gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, contribuindo para sua formação e

estabilidade, podendo ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas (SILVA & MIELNICZUK, 1997 apud GONÇALVES, 2008).

Estas plantas exercem significativo benefício na agregação, pois apresentam raízes finas que se ramificam pelo solo, pressionando as partículas e predispondo a formação de agregados.

As braquiárias são conhecidas e amplamente usadas na alimentação animal e também na regeneração das áreas mineradas, sendo muito rústicas e apresentando um crescimento vigoroso. Porém, esta planta apresenta uma arquitetura desfavorável à contenção da enxurrada, pois, embora aparentemente sua cobertura proteja o solo do impacto das gotas da chuva, não é capaz de conter o escorrimento superficial entre as touceiras, uma vez que não oferece barreira no nível do solo, apenas no colo da planta (Figura 25). O consórcio com a Hemártria e com a Grama Tifton, plantas de hábito rasteiro, poderia vir a solucionar este problema (GONÇALVES, 2008).

Figura 25: Brachiárias implantadas como cobertura em áreas de RAD. Fonte: CSN - GRA/SC, 2012.

De acordo com Dias e Griffth (1998), após dois ou três anos da implantação de uma pastagem, o solo não tem capacidade de suprir a demanda de nutrientes, resultando na perda do vigor da gramínea, sem que haja a retirada dos animais da área. Com o super-pastejo ocorre a exposição do solo aos agentes da erosão, configurando-se o processo de degradação. Estima-se que o super-pastejo seja o principal fator de degradação do solo no mundo.

A pressão excessiva dos animais sobre a cobertura vegetal pode ser uma importante fonte de degradação do solo. Quando maiores rebanhos, competem pela mesma pastagem, eles podem ultrapassar a produtividade natural da área, destruindo a gramínea e acelerando a erosão (Araújo, 2005).

Na verdade a raiz da questão reside no empobrecimento físico, químico e biológico do solo. A degradação pode ser reduzida ou agravada com as práticas de manejo executadas. Muitas vezes a compactação dos solos é largamente considerada como o principal fator de degradação, porém na verdade, o principal fator de degradação provocada pelos animais na pastagem é a desfolhação, que reduz a área foliar, em consequência diminui a reserva de nutrientes das plantas e seu desenvolvimento (Araújo, 2005).

5.6.2. Restrições Legais a Implantação de Áreas de Pastagem em Áreas Anteriormente Mineradas a Céu Aberto.

O documento, Critérios Técnicos para Recuperação ou Reabilitação de Áreas Degradadas Pela Mineração de Carvão,ate diz que na hipótese de implantação de pastagem, o gado só poderá ser introduzido após a conclusão da fase de LAO, com emissão de laudo atestando a área como recuperada, inclusive nos aspectos ecotoxicológicos e toxicológicos. A atividade também deve ser analisada e licenciada pelo órgão de meio ambiente competente.

5.6.3. Práticas Necessárias a Implantação de Áreas de Pastagem, visando a proteção/preservação do solo construído.

No caso da implantação de pastagens em áreas recuperadas, anteriormente mineradas a céu aberto para extração de carvão, a restrição fica para a criação de caprinos, pois de acordo com estudos publicados estes cortam a vegetação implantada em porções bem rentes ao chão, podendo assim prejudicar o andamento dos trabalhos de recuperação e estruturação do solo construído, aumentando a incidência de feições erosivas. Neste caso, ocorre ainda o risco dos animais bioacumularem metais eventualmente absorvidos do solo pelas plantas, contidos nas porções superiores das raízes.

A implantação de uma pastagem se constitui em uma atividade de risco para a recuperação das áreas degradadas. A implantação e estabelecimento de uma pastagem, sem as referidas práticas de manejo adequadas, leva a queda da

fertilidade do solo, através da perda de nutrientes, em razão do esgotamento destes perdidos no processo produtivo por exportação para a carne, por erosão, lixiviação, ou volatilização. Tais ações levam a exposição do solo, que sofre a compactação pelo pisoteio animal, alterando suas características físicas e estruturais, reduzindo assim a infiltração da água no solo, ocasionando o aparecimento de erosões laminares que com o tempo se transformam em focos altamente erosivos, levando novamente a área a um quadro explicito de degradação.

6 CONCLUSÕES

A indicação do uso futuro deverá ser realizada de acordo com as aptidões do solo da região das áreas de estudo e com a participação efetiva da comunidade. Deve-se ainda adequar ambientalmente à área e, na medida do possível, suprir os anseios e as expectativas da população diretamente afetada, compreendendo-se, principalmente, os aspectos socioeconômicos. O uso do solo no entorno da área de estudo também subsidia as decisões relativas às expectativas de uso futuro.

De modo geral, a principal premissa a seguir, é a de que qualquer que seja o uso a ser implantado, este deve ser cuidadosamente analisado antes de sua escolha, principalmente no que tange a viabilidade técnica-ambiental do projeto. Nestes casos, onde as áreas recuperadas são extremamente frágeis quanto a quaisquer usos a serem implantados, o ônus da implantação de um uso equivocado, pode acabar com todo o investimento despendido para recuperação ou reabilitação da área.

Quanto aos usos apresentados, fica evidente que nos primeiros anos após a implantação de um projeto de recuperação de áreas degradadas, a conservação da área para que seja realizado o completo acompanhamento de sua evolução, através da execução de monitoramentos ambientais, parece o principal uso a ser recomendado.

Com o passar dos primeiros anos, e com as indicações constantes nestes relatórios, usos menos intensivos, como a produção de mel, de espécies ornamentais ou o manejo sustentável da bracatinga, podem ser experimentados, sempre sobre acompanhamento de equipe técnica capacitada. Na medida que usos menos “impactantes” se mostrarem aconselháveis, usos um pouco mais “ofensivos”

podem ser experimentados e avaliados, sempre privando pela segurança, perpetualidade e capacidade de auto-manutenção dos solos construídos.

Em termos de segurança os principais aspectos a serem considerados são; a manutenção de camadas impermeabilizantes e de sistemas de drenagem que previnam a erosão, a estabilidade de taludes e a bio-acumulação de metais pesados.

7 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, W. P.; MELLO, J. W. V**.** Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: **DIAS L.E.; MELLO, J. W. V. Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos/SOBRADE, 1988.

ALEXANDRE, Nadja Zim. Diagnóstico ambiental da Região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v.5, n.2, p.35 -50, 1999.

ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa. ALMEIDA, Josimar ribeiro de. GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão Ambiental de áreas degradadas.** Rio de janeiro Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da bacia carbonífera Sul Catarinense. Volume I.** Rio de Janeiro: CETEM, 2000. 78p.

CITADINI-ZANETTE, V. et al. Recuperação de áreas mineradas com espécies fontes de produtos florestais não-madeiráveis: oportunidades socioeconômicas e ambientais para a região carbonífera, Sul de de Santa Catarina, Brasil. In: SOARES, P.S.M.; SANTOS, M.D.C.; POSSA, M.V. (Org.). **Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM, 2008, p.183-198.

COSTA, S.; ZOCCHE, J.J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore,** v.33, n.4, p.665-674, 2009.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: **DIAS L.E.; MELLO, J. W. V. Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos/SOBRADE, 1988.

FRANCO, Ândrea Machado Pereira. **Caracterização física de um solo construído na área de mineração de carvão de Candiota – RS.** Dissertação de Mestrado em Ciências – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006. 120f..

FREIRE, W. **Direito Ambiental Brasileiro**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Aide, 2000. p.146-147.

GONÇALVES, Fernanda Coelho. **Efeito de plantas de cobertura sobre os atributos físicos de um solo construído na área de mineração de carvão de Candiota-RS após três anos.** Pelotas, 2008 Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas. Dissertação de Mestrado. 91p.

JICA – JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY. **Estudo de Viabilidade da Recuperação das Áreas Mineradas na Região Sul de Santa Catarina, Republica Federativa do Brasil.** Relatório Principal. Japão, 1997. 46 p.

KOBIYAMA, Masato; MINELLA, Jean Paolo Gomes; FABRIS, Ricardo. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p.10-17, maio/jun 2001. Bimestral.

KOOPE, Jair Carlos; COSTA, João Felipe Coimbra Leite. A lavra do carvão e o meio ambiente em Santa Catarina. In: SOARES, Paulo Sergio Moreira et al. **Carvão brasileiro: Tecnologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 300p

LOPES PROJETOS AMBIENTAIS E CONSULTORIA LTDA. **Projeto Técnico de Recuperação de Áreas Degradadas: LOTE 42 e LOTE 44.** Siderópolis – SC, 2001.

GEOVITTA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. **Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas: Campo Ilha.** Siderópolis – SC, 2009.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: Uma revisão de literatura.** Boletim técnico nº 2, Viçosa MG: UFV, 1980. 51p.

GTA – Grupo Técnico de Assessoramento a Ação Civil Publica do Carvão. **Plano de monitoramento dos indicadores ambientais. 1º Relatório de Monitoramento.** Criciúma, 2007. Acesso em 03/10/12. Disponível em: https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/Rel_1_2007_ind_amb_plano_monit.htm

IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação.** Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

IBRAM. **Mineração e Meio Ambiente**. Brasilia: Instituto Brasileiro de Mineração, 1992. 126p.

IBRAM. NRM 21: **Reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas.** Normas reguladoras de mineração – NRM. 2001.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Malha II Leste – 13º Relatório.** Criciúma – SC, 2010. 94p.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental do Campo Morozini – 8º Relatório de Monitoramento Ambiental.** Criciúma – SC, 2012. 240p.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Projeto de Reabilitação Ambiental do Campo Mina Malha II Leste – Diagnóstico Ambiental – PRAD Conceitual e Executivo.** Siderópolis – SC, 2002.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Projeto de Reabilitação Ambiental do Campo Mina Malha II Oeste – Diagnóstico Ambiental – PRAD Conceitual e Executivo.** Siderópolis – SC, 2005.

IPAT – INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Projeto de Reabilitação Ambiental do Campo Morozini – Diagnóstico Ambiental – PRAD Conceitual e Executivo.** Treviso – SC, 2009.

KÄMPF, N. et al. Solos construídos em áreas de mineração na bacia carbonífera. In: Centro de Ecologia/UFRGS In: SOARES, P.S.M.; SANTOS, M.D.C.; POSSA, M.V. (Org.). **Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CETEM, 2008, p. 596-640.

MILIOLI, Vanderlei Antonio. Produção e Beneficiamento do Carvão em Santa Catarina. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Seminário sobre tecnologia do carvão – Volume A.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1981.

MÜLLER, Alberto Antônio. **Perfil analítico do carvão.** 2.ed Porto Alegre: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1987. 140p.

NICOLEITE, Edilane Rocha. **Cultivo de samambaia-preta (*rumohra adiantiformis* (g.forst.) Ching) como alternativa socioeconômica e ambiental em áreas de mineração de carvão em Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010. 66f.

NUNES, P. H. F. **Meio Ambiente & Mineração: Desenvolvimento Sustentável**. 1ª Edição. Juruá Editora, 2006. 242p.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do Solo – A Agricultura em Regiões Tropicais** – Ed. Nobel, 1980.

POLZ, James Alexandre. Recuperação de áreas impactadas pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina: Gestão de rejeitos e revegetação. In: . **Carvão brasileiro: tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro : CETEM/MCT,2008.

SATC – ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA. **16º Relatório de Monitoramento Ambiental do Campo Malha II Leste.** Criciúma/SC, 2012. 165p.

SCHOBBENHAUS, Carlos. **Principais depósitos minerais do Brasil. Recursos Minerais Energéticos – Volume I.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral - Cia Vale do Rio Doce, 1985.