



**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE**  
**Departamento de Engenharia Ambiental**

**NORBERTO BUOGO**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS TRABALHOS DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO CAMPO MALHA II LESTE-  
SIDERÓPOLIS/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental como  
requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.  
Orientador: Prof. Msc. Marcos Back

**CRICIÚMA, 2004**



**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE**  
**Departamento de Engenharia Ambiental**

**NORBERTO BUOGO**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS TRABALHOS DE  
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO CAMPO MALHA II LESTE-  
SIDERÓPOLIS/SC**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma – SC, 02 de Dezembro de 2004.

---

Prof. Msc. Marcos Back  
Universidade do Extremo Sul Catarinense

---

Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes  
Universidade do Extremo Sul Catarinense

---

Prof. Msc. Roberto Recart dos Santos  
Universidade do Extremo Sul Catarinense

## DEDICATÓRIAS

*A meu pai, que foi um grande incentivador para que eu alcançasse esta meta;*  
*A Andréia, que soube ser paciente nas horas de ausência;*  
*A Bia e Natália, meus amores.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A CSN, que me permitiu a realização deste Trabalho;  
Ao Hilton, pela dedicação e auxílio;  
Ao Marcos Back e demais professores do Departamento.*

## EPÍGRAFE

*Que Deus me dê serenidade para aceitar as coisas que  
não posso mudar;  
A coragem para mudar as que eu posso;  
E a sabedoria para distinguir entre as duas.*

## RESUMO

O avanço das atividades de mineração de carvão na Região Carbonífera no século passado, transformou terras úteis em improdutivas, resultado de uma deterioração quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos e do solo. Esses impactos foram mais intensos na mineração a céu aberto. O passivo ambiental deixado pela atividade carbonífera, precisa ser recuperado, para devolver-se às terras, antes agricultáveis, o potencial biótico e ambiental original. É neste contexto que a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) vem desenvolvendo trabalhos de recuperação ambiental nas suas áreas de mineração de carvão a céu aberto no município de Siderópolis, SC, os quais vem despertando o interesse dos vários setores do meio acadêmico e científico, e comunidade, por seu porte e oportunidade. O presente trabalho analisou a técnica adotada nas áreas mencionadas acima quanto a sua aplicação e resultados. Analisou-se as operações iniciais de recuperação ambiental na área da CSN em Siderópolis, SC, fazendo-se um comparativo entre o que está sendo executado e uma previsão do que se pretende alcançar quando os trabalhos estiverem concluídos. Para esta análise foram estudados indicadores ambientais como a cobertura vegetal, erosão laminar e em sulcos, estabilidade de taludes, desenvolvimento de arbóreas, monitoramento de fauna e das águas superficiais. Os indicadores ambientais analisados indicam que estão sendo alcançados resultados satisfatórios nos trabalhos iniciais de recuperação ambiental.

**Palavras-chave:** indicadores ambientais, cobertura vegetal, erosão

## ABSTRACT

The progress of the activities of mining of coal in the coal district last century, transformed useful lands in unproductive one, result of a deterioration quantitative and qualitative of the hydric resources and of the soil. Those impacts were more intense in the surface work. The environmental liability left by the carboniferous activity, needs to be recovered, to return to the lands, before farmable, the biotic and environmental original potential. It is in this context that CSN (Companhia Siderurgica Nacional) it is developing works of environmental recovery in it areas of mining of coal to surface work in the municipal district of Siderópolis, SC, which it is waking up the interest of the several sections of the academic and scientific middle, and community, for your load and opportunity. Of this it sorts out us it remains to analyze the technique taken in the areas mentioned above it is being applied appropriately. This Work brings an analysis of the initial operations developed in the area of environmental recovery of CSN in Siderópolis, SC, being made a comparative one among what is being executed and a forecast than she intend to reach when the works be ended. For this analysis, were studied environmental indicators as the vegetable covering, erosion to laminate and in furrows, slopes stability, development of arboreal, fauna monitoring and of the superficial waters. The environmental indicators studied indicate that are being reached satisfactory results at initials works of environmental recovery.

Keywords: environmental indicators, vegetable covering, erosion

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>10</b>
LISTA DE TABELAS .....	11
LISTA DE FIGURAS .....	12
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 BREVE HISTÓRICO .....	17
2.1 ASPECTOS LEGAIS .....	18
2.2 ASPECTOS E IMPACTOS DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO.....	19
2.3 RECURSOS HÍDRICOS .....	22
2.4 DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL AO USO FUTURO: CONDICIONANTES	23
2.5 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DO SOLO .....	24
2.5.1 FERTILIDADE DO SOLO .....	26
2.5.2 A SUCESSÃO ECOLÓGICA.....	30
2.5.3 ESCOLHA DAS ESPÉCIES.....	32
2.5.4 AGENTES DISPERSORES.....	37
2.6 O PROCESSO EROSIVO .....	38
<b>3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS DE RECUPERAÇÃO.....</b>	<b>44</b>
3.1 RETIRADA DOS REJEITOS.....	45
3.2 CONFORMAÇÃO TOPOGRÁFICA.....	49
3.3 REVEGETAÇÃO.....	49
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>52</b>
4.1 FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO .....	53
4.2 COBERTURA VEGETAL .....	54
4.3 RECURSOS HÍDRICOS .....	55
4.4 EROÇÃO LAMINAR.....	56
4.5 PIONEIRAS ARBÓREAS.....	57
4.5.1 <i>Mimosa scabrella</i> .....	57
4.5.2 <i>Cordão vivo</i> .....	58
4.6 ESTABILIDADE DE TALUDES.....	58
4.7 EROÇÃO POR SULCOS OU RAVINAS .....	59
4.8 FAUNA .....	59

<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>61</b>
5.1	ARBÓREAS	61
5.1.1	<i>Cordão Vivo</i>	61
5.1.2	<i>Mimosa scabrella</i>	64
5.2	EROSÃO LAMINAR	65
5.3	COBERTURA VEGETAL	67
5.4	FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO	71
5.5	RECURSOS HÍDRICOS	73
5.6	FAUNA	77
5.7	ESTABILIDADE DOS TALUDES	80
5.8	EROSÃO POR SULCOS OU RAVINAS	81
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>83</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO A – TABELA DE CRESCIMENTO ARBÓREAS CORDÃO VIVO</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO B – CRESCIMENTO DE <i>MIMOSA SCABRELLA</i></b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO C – EROSÃO LAMINAR</b>	<b>94</b>
	<b>ANEXO D – MAPA DA EROSÃO POR SULCOS</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO E - ALTURA DAS ESPÉCIES POR INDIVÍDUO</b>	<b>96</b>
	<b>ANEXO F – FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO</b>	<b>97</b>
	<b>ANEXO G – TEMPERATURA DIÁRIA SETEMBRO E OUTUBRO/2004</b>	<b>98</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aspectos e Impactos da Mineração de Carvão	20
Quadro 2 : Altura média das espécies do Cordão Vivo	61
Quadro 3: Desenvolvimento de arbóreas do cordão vivo	62
Quadro 4 : Cobertura vegetal área de 15000 m <sup>2</sup>	67
Quadro 5 : Cobertura vegetal área de 5000 m <sup>2</sup>	68
Quadro 6: Cobertura vegetal área de 15000 m <sup>2</sup>	68
Quadro 7: Cobertura vegetal área de 5000 m <sup>2</sup>	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Graus de limitação por suscetibilidade à erosão	39
Tabela 2: Fertilidade Química do Solo	71
Tabela 3: Crescimento percentual dos parâmetros de Fertilidade Química	72
Tabela 4: Parâmetros Químicos Lagoa E	73
Tabela 5: Parâmetros Químicos Lagoa C	74
Tabela 6: Parâmetros Químicos Lagoa G	74
Tabela 7: Aves observadas/ relatadas na Zona 16	79
Tabela 8: Aves observadas/ relatadas na Zona 9	79
Tabela 9: Aves observadas/ relatadas na Zona 18	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Retirada de Rejeitos às margens do rio Fiorita	46
Figura 2 : Depósito de Rejeitos	47
Figura 3: Compactação da Célula de Rejeitos	47
Figura 4: Teste de infiltração na célula de rejeitos	48
Figura 5 : Conformação Topográfica	49
Figura 6: Colocação de insumos	50
Figura 7: Mapa de Localização da área de estudo	52
Figura 8: Mapa de Localização dos pontos de coleta de águas superficiais	55
Figura 9: Esquema da malha para identificação de erosão laminar	57
Figura10: Crescimento Arbóreas Cordão Vivo	63
Figura 11: Crescimento de <i>Mimosa scabrella</i>	64
Figura 12: Cobertura Vegetal Área 15000 m <sup>2</sup> (Zona 9)	70
Figura 13: Cobertura Vegetal área 5000 m <sup>2</sup> (Zona 10)	70
Figura 14: Variação do pH nas Lagoas C,E e G	75
Figura 15: Variação da acidez nas Lagoas C, E, e G	75
Figura 16: Parâmetros Químicos Lagoa C	76
Figura 17: Parâmetros Químicos Lagoa E	76
Figura 18: Parâmetros Químicos Lagoa G	77
Figura 19: Escadaria com uso de materiais alternativos	81

## 1 INTRODUÇÃO

O ser humano, para suprir suas necessidades e anseios, faz uso dos recursos naturais, transformando-os para uso como matérias primas ou bens de consumo, como alimentos e água. Porém é necessário que se faça uso racional através do manejo desses recursos, adotando-se medidas de recuperação das áreas degradadas, que porventura sejam exploradas inadequadamente. Este Manejo garantirá a sustentabilidade dos recursos naturais e sua disponibilidade para as gerações futuras.

O processo de recuperação de áreas degradadas exige procedimentos que levem em consideração as peculiaridades e o histórico da área a ser recuperada. Aspectos relacionados à composição florística original, ao tipo de degradação ocorrida e ao objetivo final da recuperação devem, sempre, ser consideradas em profundidade antes de se iniciar atividades e ações que visem à recuperação da área em questão. O uso futuro da área também deve ser considerado antes de se iniciar o processo de recuperação.

A Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) é um processo e como tal é composto por várias etapas, que devem ser desenvolvidas de forma a, num conjunto, obter-se resultado final que é a recuperação da área em questão. Estes passos deverão ser desenvolvidos de forma coordenada e sistemática, para a obtenção de resultados satisfatórios e justificar técnica e economicamente o tempo e recursos despendidos.

A recuperação ambiental de uma área alterada pela mineração envolve diversos aspectos, que são considerados importantes para obtenção de resultados satisfatórios. Deve-se ter em conta que uma etapa influenciará a seguinte e que todas estão relacionadas.

A recuperação de uma área degradada está relacionada a uma série de fatores naturalmente controlados pelas condições do ambiente, sendo bastante variável o efeito que o conjunto de técnicas restauradoras podem proporcionar. Num longo prazo, as condições naturais do ambiente, imporão condições de equilíbrio ao sistema, determinando, desta forma, o grau de estabilidade do processo de reabilitação que foi levado a efeito. Dessa maneira, depois de cessada a interferência humana, o tipo de transformação produzirá uma estabilidade do ambiente, demonstrando, assim, que a área está efetivamente recuperada. A não interferência humana após a conclusão dos trabalhos é condição essencial para que uma área consiga seu equilíbrio dinâmico, considerando-se que o uso futuro desta área seja o de cumprir sua função ecológica.

A preocupação em recuperar áreas degradadas deverá estar ligada a fatores como a recomposição da paisagem, o combate à erosão, a preservação de encostas, a conservação dos recursos hídricos, a fixação e conservação da fauna. Estas medidas são consideradas primordiais para sucesso dos trabalhos implantados.

Quando o solo é afetado, a meta a ser alcançada num processo de recuperação de área fortemente degradada, deve ser, em primeiro plano, a construção de um substrato, para que, sobre ele, possa se instalar uma cobertura vegetal. Uma vez em equilíbrio, esta cobertura vegetal será capaz de manter os processos químicos, físicos e biológicos que atuam sobre o solo. Assim a área poderá estar inserida no todo local e regional, em equilíbrio também com a área do entorno.

Neste contexto, as questões relacionadas ao solo devem ser consideradas em sua totalidade, ou seja, em seus aspectos físicos, químicos e biológicos.

Uma estratégia é interferir em alguns fatores de formação do solo, de modo a acelerar esse processo. Ou seja, fatores como a declividade do terreno, fertilidade e profundidade do solo, compactação, drenagem superficial.

A recomposição e o restabelecimento da vegetação depende de outras etapas anteriores à sua implantação, e dizem respeito ao bom preparo do solo, desde a etapa de preparo do substrato (terraplanagem), à recomposição da fertilidade do solo, a calagem para tornar os nutrientes disponíveis e a escolha das espécies vegetais que serão implantadas. A sucessão ecológica deve, também ser considerada e respeitada, sem a qual, os trabalhos de revegetação poderão vir a falhar, causando perdas no tempo e capital investidos.

Para o processo de recuperação de áreas degradadas é importante o conhecimento do histórico de perturbações da área em estudo, pois este conhecimento auxilia na escolhas das alternativas e estratégias a serem adotadas.

Um diagnóstico preciso da contaminação e/ou alteração a que uma área foi submetida deve ser o ponto de partida de todo o processo de recuperação. A determinação da extensão da área afetada, bem como a caracterização da intensidade da contaminação deverá ser, também, um passo a ser considerado, anterior, ainda aos trabalhos de recuperação que serão levados a efeito na área em questão.

Este Trabalho fará um estudo de caso de uma área de recuperação ambiental em Siderópolis/SC, a qual foi submetida a um processo de degradação ambiental por mineração de carvão a céu aberto na segunda metade de século passado. Serão analisados os trabalhos iniciais desenvolvidos na área de estudo, projetando-se uma visão do futuro do campo, baseando-se na análise de indicadores ambientais.

Os indicadores ambientais analisados foram: cobertura vegetal, desenvolvimento de arbóreas, erosão laminar e em sulcos, estabilidade de taludes, qualidade da água superficial, fertilidade química do solo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 BREVE HISTÓRICO**

Em Santa Catarina, o início das atividades carboníferas aconteceu no final do Século XIX, realizadas por uma companhia britânica que construiu uma ferrovia e explorava as minas. Em 1884 foi inaugurado o primeiro trecho da ferrovia Dona Tereza Cristina, ligando Lauro Müller ao Porto de Imbituba e chegando, em 1919, a São José de Cresciuma. Como o carvão catarinense era considerado de baixa qualidade, sua exploração não despertou o interesse por parte dos ingleses. Diante desse quadro, o Governo Federal repassou a concessão para indústrias cariocas, destacando-se, inicialmente, Henrique Lage e, depois, Álvaro Catão e Sebastião Netto Campos (SIECESC, 2004). Para o BID (2003:1), este carvão visava, inicialmente, suprir combustível para as ferrovias. Mais tarde passou também a abastecer as usinas termoeletricas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Com a queda da compra do carvão importado, durante a Primeira Guerra Mundial, o produto catarinense assistiu seu primeiro surto de exploração, época em que foram ampliados os ramais ferroviários no Sul do estado e inauguradas novas empresas mineradoras. Em 1917 entra em operação a Companhia Brasileira Carbonífera Araranguá (CBCA) e, 1918, a Companhia Carbonífera Urussanga (CCU). Na década seguinte, em 1921, surgem a

Companhia Carbonífera Próspera e a Companhia Carbonífera Ítalo-Brasileira e, em 1922, a Companhia Nacional Mineração Barro Branco (SIESESC, 2004).

O segundo surto veio no Governo Federal Getúlio Vargas, com Decreto determinando o consumo do carvão nacional e com a construção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). A obrigatoriedade da utilização do carvão nacional foi estabelecida em 10% em 1931, aumentando esta cota para 20% em 1940.

Nos anos 40 e 50 do século passado, várias minas operavam na região e pertenciam a pequenos proprietários locais, grandes empreendedores cariocas e uma estatal, a Companhia Próspera, subsidiária da CSN. Ao longo dos anos 60 ocorrem profundas mudanças no setor e, no início dos anos 70, estavam em atividades apenas 11 mineradoras, a maioria pertencente a empresários locais (SIECESC, 2004).

O último pico no setor foi com a crise do petróleo em 1973, com as atenções voltadas novamente para o uso do carvão nacional. No início da década de 90 o setor é desregulamentado por decreto do Governo Federal, mergulhando toda a Região Sul Catarinense em profunda crise.

## **2.1 ASPECTOS LEGAIS**

É de se supor que as Empresas que causam degradação do solo recuperem as áreas alteradas após findo o processo de exploração dos recursos naturais. No Brasil, a recuperação de áreas degradadas (RAD) foi definida como um dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, através da Lei 6938 de 1981. A Constituição Federal de 1988 estabeleceu que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da Lei” (Artigo 225, parágrafo 2 –Constituição Federal, 1988).

O conhecimento sobre a legislação, relacionada com reparação de danos ambientais, é considerado de fundamental importância para o técnico que vai trabalhar com recuperação de áreas degradadas. No Brasil estes dispositivos são bastante recentes, visto que as primeiras leis sobre a obrigatoriedade de recuperar áreas degradadas são do início da década de 1980 (ALMEIDA, 2000:24).

Ainda segundo Almeida, a legislação ambiental brasileira é considerada, por especialistas em direito ambiental, como uma das melhores do mundo. Atualmente todo empreendimento potencialmente impactante passa por um processo de licenciamento ambiental, onde são assumidos compromissos para a adoção de medidas mitigadoras visando o controle desses impactos.

## **2.2 ASPECTOS E IMPACTOS DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO**

O processo de extração do carvão na bacia carbonífera catarinense era, inicialmente, manual e acarretava menos danos à natureza e à saúde dos trabalhadores do que na fase de mecanização das minas, considerando-se a escala de produção de hoje e de outrora. Este foi o principal modo de exploração até a década de 1950. Nele a seleção do carvão era feita no fundo das minas. Todo o rejeito, composto por pedra, e barro branco, ficava nas galerias e só o carvão era retirado das minas. Havia, ainda, uma segunda escolha feita nas bocas das minas, porém a quantidade de rejeitos era bem pequena (VOLPATO, 1984).

A mecanização das minas foi a grande responsável pelo aumento da produção do mineral e de rejeitos, em razão da necessidade de retirar do fundo das minas todo o material desmontado nas frentes de trabalho. Do montante de material retirado das minas, cerca de 30 a 40% é de carvão energético, metalúrgico e finos. O restante é rejeito constituído de materiais xistosos, piritosos e carbonosos de pouco ou nenhum valor (ROSSO, 1999).

Para Bortot e Alexandre (1995) apud Martinello (1998:4), as atividades envolvidas na extração e beneficiamento do carvão degradam a qualidade ambiental de diversas formas, sendo que os recursos hídricos, o solo e a qualidade do ar sofrem influência direta das atividades, contribuindo intensamente para ao desaparecimento da fauna e flora regionais.

A mineração de carvão, assim como qualquer atividade humana gera impactos ambientais onde está inserida. O impacto da mineração de carvão é extremamente acentuado.

O quadro a seguir apresenta os principais impactos ambientais das atividades ligadas à exploração do carvão.

Quadro 1: Aspectos e Impactos da Mineração de Carvão

Processos de degradação	Recurso natural		
	Água	Ar	Solo
Combustão Espontânea	Chuvas ácidas	Gases tóxicos, materiais particulados	Acidificação do solo
Lixiviação	Formação de ácido e solubilização de metais. Contaminação dos recursos hídricos		Acidificação e contaminação do solo
Drenagem superficial	Transporte de águas ácidas, metais tóxicos e sólidos em suspensão. Contaminação dos recursos hídricos		Erosão, acidificação do solo, assoreamento
Drenagem subsuperficial	Acidificação e contaminação de águas subsuperficiais		Acidificação do solo infiltrado pela água ácida
Intemperismo	Acelera o processo de formação de águas ácidas e provoca o assoreamento em rios e lagoas	Material particulado em suspensão	Erosão

Fonte: Adaptado de ALEXANDRE *et al.* (1995). **Fontes de Poluição no Município de Criciúma**. CPRM.

Porém a quantificação dos problemas gerados pelo processo de mineração de carvão é bastante difícil, sendo necessário um diagnóstico detalhado da situação, demandando tempo e recursos financeiros. O passivo ambiental resultante da mineração pode, no entanto, ser contabilizado a partir dos dados relativos aos impactos no solo, na água e no ar.

Em relação à água, o passivo ambiental é, talvez, o mais crítico. A contaminação dos mananciais devido aos processos já descritos tende a permanecer por longo tempo, mesmo depois de paralisadas as atividades de mineração (ALEXANDRE, *et al.* 1995).

Nem sempre a degradação ambiental do solo está ligada à emissão de poluentes, mas sim, às atividades que tem como consequência a supressão da cobertura vegetal, remoção de horizontes do solo ou deposição de resíduos.

Segundo Sanchez *et al*, apud Sanchez (2000:1), na bacia carbonífera de Santa Catarina, as atividades de extração, beneficiamento, transporte e utilização de carvão causaram inúmeros processos de degradação ambiental, tais como subsidência, degradação de solos em áreas de mineração a céu aberto, de disposição de estéreis e rejeitos, degradação de lagos e banhados pela deposição de rejeitos e drenagem ácida e, ainda, diminuição da fertilidade dos solos das várzeas devido à irrigação com águas ácidas.

Corroborando as idéias de Sanchez expostas acima, Alexandre (1996), apud Martinello (1998:4), afirma que nessas atividades a contribuição para a poluição dos cursos de água e degradação do solo ocorre na lavra, pela drenagem de água subterrânea e superficial, no beneficiamento, pela lavagem do minério e na deposição de rejeitos pela lixiviação de material que são a principal causa da poluição hídrica do sul de Santa Catarina

Para o mesmo autor, degradação ambiental pode ser definida com qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Diferentes processos podem originar degradação ambiental. Pode ser uma perturbação súbita, decorrente de um acidente, como o vazamento de petróleo no mar. Ou como uma perturbação gradual e cumulativa. A degradação pode ainda ocorrer como consequência de uma ação planejada como uma mina, rodovia, etc. A degradação do solo corresponde, assim, a um alteração de suas propriedades, e a extensão ou magnitude dessa modificação pode ser medida com a ajuda de indicadores ambientais apropriados.

Nas definições propostas por Santo (2000: 113), indicadores ambientais são parâmetros passíveis de medição, através dos quais pode-se identificar possíveis mudanças de ordem física, química, biológica ou sócio-cultural, a que determinado ambiente tenha sido submetido, como consequência de ações antrópicas ou de processos naturais.

### **2.3 RECURSOS HÍDRICOS**

Durante a mineração de carvão a céu aberto, quando não ocorre a cobertura do subsolo original pelo solo vegetal concomitante à lavra, há um aumento de acidez pela percolação das águas sobre a camada descoberta, surgindo assim, as lagoas ácidas (VAZ & MENDES, 1997 apud MARTINELLO, 1998: 4).

A formação de águas ácidas, assim como o assoreamento dos recursos hídricos, inicia concomitante ao período de atividade da mina e de suas plantas de beneficiamento, porém podem prolongar-se por décadas após o término das atividades (ALEXANDRE *et al*, 1995 : 16).

Nas cavas de mineração, com as vertentes e a chuva, há a lixiviação e formam-se lagoas ácidas pois, com a presença de pirita e sua oxidação, há formação de ácidos que incrementam o intemperismo das pilhas, liberando outros metais e diminuindo o pH da águas (MARTINELLO, 1996).

Para Alexandre *et al* (1995:16), devido à formação de ácido sulfúrico, com diminuição do pH e aumento da acidez, o corpo receptor, seja água subterrânea ou superficial, mantém dissolvidos grande parcela dos metais liberados da pirita quando da sua oxidação, prejudicando tanto a vida aquática quanto os usos desta água para abastecimento público.

A poluição dos rios da região é também um empecilho para o desenvolvimento da agricultura, principalmente do arroz irrigado. Também impede as atividades de recreação e dá

uma imagem negativa da região, restringindo o desenvolvimento de seu potencial turístico (BID, 2003:1).

## **2.4 DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL AO USO FUTURO: CONDICIONANTES**

Para Sanchez, 1994, apud Sanchez (2000 : 2), recuperação ambiental é o resultado da aplicação de técnicas de manejo visando tornar uma área degradada apta para um uso produtivo. Neste caso uso produtivo não se restringe a acepção econômica do termo, mas engloba sua acepção ecológica.

De acordo com Willians *et al*, 1990 apud Sanchez (2000: 4), tem sido aceito como objetivo da recuperação de áreas degradadas, a criação de uma situação de equilíbrio do sítio, estabelecendo um novo equilíbrio dinâmico auto-sustentável com o entorno, de forma a tornar a área apta a um novo uso produtivo.

Na formulação deste objetivo genérico de recuperação, o critério de estabilidade do sítio é entendido, de acordo com Sanchez (2000: 5), como englobando estabilidade física, química e biológica.

**Estabilidade Física**- significa que os processos do meio físico, atuantes sobre a área recuperada, terão intensidade da mesma ordem que os processos que ocorrem no entorno, como os processos erosivos, por exemplo. Neste caso a área deverá apresentar taludes estáveis, baixo risco de movimento de massa, ausência de feições indicadoras de erosão intensa, tais como sulcos e ravinas.

**Estabilidade Química** – uma vez cessadas as ações de recuperação, não ocorrerão reações químicas que possam prejudicar a qualidade ambiental, como por exemplo oxidação de sulfetos, processo causador de drenagem ácida; não deverá haver liberação de substâncias

potencialmente danosas à atmosfera, às águas superficiais e subterrâneas ou absorção de substâncias tóxicas pelas plantas.

**Estabilidade Biológica-** uma vez que a fauna e a vegetação estejam estabelecidas, não será mais necessária a intervenção humana para mantê-las. Dessa forma as comunidades poderão se auto-sustentar, atingindo o estágio de clímax, ou demandando apenas as práticas habituais de manejo.

Estes critérios de estabilidade deverão ser analisados em longo prazo, uma vez que um indicador ambiental pode demonstrar estabilidade, porém isto não significa que esta avaliação seja válida para todos os indicadores.

Ainda segundo Sanchez (2000), a vegetação estabelecida sobre o sítio deve ser capaz de reproduzir-se sem que seja necessária a intervenção humana para aporte de nutrientes, água ou serviços de manutenção. A estabilidade física dos taludes deve ser duradoura e não necessitar de trabalhos de reparação. Porém esta estabilidade não poderá ser atingida imediatamente e o plano de recuperação deverá contemplar atividades de manutenção e monitoramento até que o sítio atinja as condições de estabilidade.

Todos estes critérios de estabilidade podem ser resumidos no conceito de *equilíbrio dinâmico*, onde o sítio recuperado está estabilizado mas sofre modificações rotineiras de auto-sustentabilidade, ou seja, tenta-se reproduzir o que ocorre na natureza.

## **2.5 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DO SOLO**

Segundo Dubois (1993), Área Degradada é aquela que sofreu alteração de suas características originais, em função de causas naturais ou pela ação do Homem.

Para a ABNT, Recuperação do Solo é o processo de manejo do solo no qual são criadas condições para que uma área perturbada ou mesmo natural seja adequada a novos usos (ABNT, NBR 10703/89).

Reabilitação do Solo é uma forma de recuperação do solo em que uma área perturbada é adequada a um novo e determinado uso ou àquele de antes da perturbação, segundo um projeto prévio (ABNT, NBR 10703/89).

Existem varias técnicas de recuperação do solo degradado, e o tipo de degradação e o uso futuro da área poderão definir a melhor técnica a ser adotada.

A cobertura superficial é um método de contenção dos contaminantes na área impactada, através da interrupção, diminuição ou controle da infiltração da água e, conseqüentemente, um método de imobilização. Existem vários tipos de cobertura, como por exemplo, de asfalto, concreto, membrana sintética, argila e mistura entre estas. O tipo de cobertura a ser empregado dependerá das características do local, dos contaminantes e dos objetivos a serem atingidos (ROEHRING & SINGER: 24).

A degradação provocada pela mineração a céu aberto, onde o grau de perturbação do ambiente gera a perda dos horizontes férteis do solo, exige a necessidade de condicionamento dos substratos para o recebimento de propágulos vegetativos. Este processo pode ser realizado via utilização da camada de solo superficial, quando esta é retirada separadamente, estocada e depois devolvida às áreas já lavradas. Contudo, nem sempre é possível a realização dessa seqüência de etapas, em função das condições topográficas ou dos custos operacionais. Porém a estocagem do solo superficial por vários meses reduz a regeneração de plantas via banco de propágulos residual e o mais recomendável para empresas de mineração seria a transferência direta desta camada de solo da frente de desmatamento para as áreas já lavradas e prontas para receberem os tratamentos de recuperação (CAMPELLO, 1996).

### 2.5.1 FERTILIDADE DO SOLO

Segundo Mello *et al* (1987: 13) fertilidade solo pode ser definida pela habilidade de um solo em fornecer nutrientes às plantas e a presença de maior ou menor quantidade de substâncias ou elementos tóxicos, aliado à suas propriedades físicas.

Ainda dentro das definições de Mello *et al* (1987: 14) tem-se que um solo fértil é aquele que contém, em quantidades suficientes e balanceadas, todos os nutrientes essenciais em formas assimiláveis. Deve estar razoavelmente livre de materiais tóxicos e possuir propriedades físicas e químicas satisfatórias.

De acordo com Campello (1998), um outro aspecto importante relaciona-se com os aportes químicos, a presença de metais pesados e a aplicação de corretivos. Esta série de medidas pode ter que fazer parte do rol de recursos técnicos a serem empregados. De maneira geral, o uso de macronutrientes como N, P, K, Ca, e Mg, além da correção de pH, faz parte das práticas comumente empregadas no estabelecimento de uma vegetação inicial.

Para Zimmermann & Trieben apud Santos (2003:92), para possibilitar o uso normal do solo é necessário que ele, realmente, apresente características próprias como: a existência de horizontes definidos decorrentes do processo de formação do solo, a presença de um horizonte superficial onde se encontram maiores concentrações de carbono orgânico, juntamente com a biota. Essas características permitem diferenciar um solo de um substrato, que talvez seja o ponto mais importante para avaliar a recuperação do meio físico, que por sua vez é fundamental na recuperação ambiental.

A matéria orgânica do solo se constitui num componente importante de fertilidade do solo, exercendo múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do terreno, alterando-lhe, para melhor, o nível de fertilidade e produtividade (MELLO *et al*, 1987: 105).

A matéria orgânica torna os solos mais friáveis, mais fáceis de serem trabalhados, por promover a formação de grânulos e estabilizá-los.

A estrutura granular aumenta a porosidade e por isso facilita a movimentação de ar e de água na zona radicular para as plantas e oferece melhores condições para emergência das plântulas e o desenvolvimento das raízes (MELLO *et al*, 1987:119).

A importância biológica e bioquímica da matéria orgânica do solo é evidenciada pelo fato de que ela influi no crescimento e no desenvolvimento de microorganismos, agentes que conservam em circulação os nutrientes das plantas, dando-lhes um meio físico e químico mais favorável e provendo-o com fontes de energia e de nutrientes.

Na maioria dos solos tropicais, a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para as plantas, e sua perda causa sérios problemas na estrutura do solo e na disponibilidade de água, enxofre, fósforo e nitrogênio às plantas (FRANCO *et al*, 1998, apud CAMPELLO 1998). As formas para suplementação de matéria orgânica aos ambientes degradados podem ser bastante variáveis, indo desde a aplicação de serrapilheira da própria vegetação preexistente, passando por compostos orgânicos.

A matéria orgânica do solo é constituída, basicamente, de duas frações distintas: uma, os restos vegetais e animais em diferentes estados de decomposição e outra, o húmus, que é o produto desses restos após decomposição biológica (MELLO *et al*, 1983:106).

O melhoramento da fertilidade natural de muitos solos que possuem condições físicas, em geral propícias às plantas, é fator decisivo no desenvolvimento agrícola. De modo geral, a aplicação de fertilizantes e corretivos é uma técnica pouco difundida, e as quantidades são insuficientes. Portanto, seu emprego deve ser incentivado, bem como outras técnicas adequadas ao aumento da produtividade. (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995: 37)

Solos com alta fertilidade natural e boas propriedades físicas exigem, eventualmente, pequenas quantidades de fertilizantes para a manutenção da produção. Por

extensão, as terras com fertilidade natural baixa exigem quantidade maior de fertilizantes e corretivos, bem como alto nível de conhecimento técnico. Quanto maior for a deficiência, mais intensivas serão as práticas que envolvem grande conhecimento técnico e disponibilidade de insumos, para melhorar um solo muito carente até a condição de classe de aptidão boa e regular (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995: 37).

A disponibilidade de nitrogênio pode atuar como um mecanismo importante no controle da taxa, direção e substituição de espécies que regulam a sucessão; em áreas degradadas, onde há baixa disponibilidade de Nitrogênio, as leguminosas arbóreas mostram-se como uma fonte primária de nitrogênio capaz de permitir a reação da natureza. A introdução de leguminosas em local onde ocorreu a perda dos horizontes férteis do solo mostra uma recuperação mais rápida da atividade biológica do solo quando comparada com a revegetação com gramíneas (LAMB, 1980 apud CAMPELLO, 1998 :190).

Várias técnicas e procedimentos são desenvolvidos pelos diversos profissionais, a fim de garantir o sucesso da recuperação do solo, enquanto substrato, para implementação da vegetação. Segundo Sanchez (2000), este é um dos aspectos mais importantes da recuperação de áreas degradadas. Tão importante que é entendido por muitos como o próprio objetivo da atividade. A conservação do solo é a chave do sucesso das atividades de recuperação. O solo deve ser tratado como um recurso escasso e hoje em dia não é mais admissível que o mesmo seja manejado como os demais estéreis da mineração e simplesmente lançado num depósito a céu aberto.

O terreno a ser revegetado deverá ter uma forma pré-determinada, adequada aos objetivos da recuperação, de maneira que esteja apto a suportar a vegetação que será implantada no local. Outro ponto fundamental num processo de recuperação ambiental, que deverá ser levada em consideração na definição dos trabalhos de reafeiçoamento do terreno é o combate a erosão.

Segundo as definições de Sanchez (2000), o restabelecimento da vegetação nas áreas degradadas requer algumas atividades preparatórias, assim como atividades de conservação e manejo. Como regra geral, o plantio deve ser realizado sobre uma camada de solo de no mínimo 20cm sobre os substratos a serem revegetados. Esses podem até ser bermas<sup>1</sup> em rochas, caso em que é conveniente uma espessura de solo maior.

Observa-se que estes materiais não constituem propriamente um “solo” ideal para o crescimento das plantas. Esta camada de material é, quase sempre, desprovida de nutrientes adequados: muitos solos são altos em acidez, e alguns podem conter substâncias tóxicas às plantas. Conclui-se, então, que a correção da fertilidade é um grande desafio. Não se pode retirar uma mostra deste solo e esperar que um técnico lhe dê uma simples receita para adubação, e calagem, como se fosse uma cultura de milho, soja, ou reflorestamento de eucalipto em áreas não degradadas. É necessário que o técnico encarregado da correção do solo e plantio tenha um bom conhecimento do solo em recuperação, da interpretação dos resultados da análise e do cálculo dos corretivos a serem aplicados (IBAMA, 1996:36).

A correção da fertilidade do solo é geralmente necessária. Ao se implantar a vegetação deverão ser feitas as análises do solo, que indicarão deficiências em termos de nutrientes. Uma análise simples de pH indicará a calagem necessária para corrigir a acidez do solo. É importante que a calagem seja feita de três a seis meses antes do plantio (WILLIANS, apud SANCHEZ, 2000).

Outros indicadores de fertilidade obtidos nas análises químicas do solo são a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e a saturação de bases (V%). As análises indicarão as quantidades de corretivos necessários, particularmente NPK. Pode-se também aplicar corretivos orgânicos como esterco, bagaço de cana, casca de arroz, serragem e restos vegetais como galhos e folhas (WILLIANS, apud SANCHEZ, 2000).

---

<sup>1</sup> Bermas - termo geotécnico que indica base do patamar, escavado em rochas ou encostas.

## 2.5.2 A SUCESSÃO ECOLÓGICA

A restauração de ecossistemas degradados, envolve conhecimentos diversos, principalmente no que se refere à reconstituição da estrutura do ecossistema e da dinâmica das espécies. A sucessão ecológica deveria ser o processo desejado para a perfeita recuperação do sítio degradado.

Para Barbosa (2000), apud Santos (2003 :92), o estabelecimento de comunidades vegetais com base na utilização de espécies nativas, deve ser incrementado mesmo exigindo maior conhecimento ecológico. As espécies vegetais nativas são fundamentais na integração e na manutenção hidrológica e geológica.

Entende-se por sucessão natural o processo de desenvolvimento de uma comunidade (ecossistema) em função de modificações das composições no ambiente considerado, culminando no estágio de clímax (ALMEIDA, 2000: 33). O processo de colonização inicia-se com as espécies pioneiras - espécies adaptadas às condições (limitações) apresentadas. Essas criam condições adequadas de microclima e solo para o estabelecimento de outros grupos de plantas secundárias - espécies que necessitam de menos luz e melhores condições de solo. Esta seqüência sucessional evolui até um estágio final (clímax), representado por um grande número de espécies constituídas por poucos indivíduos, portanto, com maior diversidade.

Para Glufke (1999:11), a sucessão ecológica é um processo que envolve diversas mudanças na estrutura de espécies e comunidades ao longo do tempo, através das interações de competição e coexistência. O processo de recuperação de áreas degradadas deve levar em consideração a sucessão ecológica, fonte de informação do comportamento e da evolução de uma formação vegetal.

Para Braga *et al* (2003:18), sucessão ecológica é o desenvolvimento de um ecossistema desde sua fase inicial até a obtenção de sua estabilidade entre seus componentes.

É um processo que envolve alterações na composição das espécies com o tempo, levando sempre a uma maior diversidade, sendo razoavelmente dirigido e, portanto, previsível. Resulta da ação da comunidade sobre o meio físico, que cria condições ao desenvolvimento de novas espécies, e culmina em uma estrutura estável e equilibrada. Durante o processo de sucessão, as cadeias alimentares tornam-se mais longas, passam a constituir complexas redes alimentares e os nichos tornam-se mais estreitos, levando a uma maior especialização. A biomassa também aumenta ao longo da sucessão, do mesmo modo que o ecossistema adquire autosuficiência, tornando-se um sistema fechado por meio do desenvolvimento de processos de reciclagem de matéria orgânica.

Teoricamente a comunidade clímax é auto perpetuante porque está em equilíbrio dentro de si mesma e com o habitat físico. A sucessão termina num clímax edáfico<sup>2</sup> onde a topografia, o solo, a água e perturbações regulares, como o fogo, são tais que o desenvolvimento do ecossistema prossiga indefinidamente (ODUM, 1988: 299).

Geralmente a composição de espécies tem sido usada como critério para determinar se uma dada comunidade representa ou não o clímax. Entretanto este critério sozinho muitas vezes não é bom critério, porque a composição de espécies pode mudar sensivelmente em resposta a flutuações meteorológicas em curto prazo, muito embora o ecossistema como um todo permaneça estável (ODUM, 1988: 301).

Para um reflorestamento com nativas, após levantamento florístico procura-se imitar e acelerar os processos de regeneração natural da vegetação. Nem toda a diversidade vegetacional é restabelecida ao mesmo tempo. Primeiro o setor é colonizado por espécies ditas pioneiras, que vão sucessivamente sendo substituídas por outras, secundárias e climácicas. Mesmo nas condições desfavoráveis há espécies que espontaneamente colonizam áreas degradadas. As espécies pioneiras a se estabelecer em uma área degradada são aquelas cujas

---

<sup>2</sup> Edáfico – Do solo.

sementes ou propágulos são transportados (por exemplo por ação do vento ou dos animais) e que são adaptadas às condições ambientais das áreas degradadas, normalmente caracterizadas por alta insolação, alta temperatura diurna, alta taxa de evaporação e baixa disponibilidade de nutrientes. As pioneiras criam condições microclimáticas e edafológicas para o estabelecimento de espécies secundárias que, por sua vez, dão lugar às espécies de clímax, quando a vegetação novamente atinge sua fisionomia original. Este processo recebe o nome de sucessão ecológica (SANCHEZ, 2000).

Na visão de Almeida (2000: 68), quando se pensa em recuperar ambientalmente uma área, deve-se sempre associar as etapas implementadas aos processos naturais de sucessão, tentando-se reproduzir o processo natural, acelerando, com isso, as mudanças das comunidades, visando atingir o clímax.

Nas idéias disseminadas por Reis *et al*, apud Almeida (2000), deve-se promover a sucessão de todos os elementos (solo, microflora, flora e fauna), o que fará com que a área ganhe nova resiliência (capacidade de voltar ao equilíbrio).

No processo de sucessão natural as sementes são dispersas pela ação dos ventos, da água e dos animais, de modo que um certo período após a colonização pelas nativas, as secundárias germinam e assim sucessivamente, até que o clímax é novamente atingido. Na revegetação de áreas degradadas com essências nativas o que se busca é reproduzir este processo, porém com velocidade maior (SANCHEZ, 2000).

### **2.5.3 ESCOLHA DAS ESPÉCIES**

Uma questão polêmica que envolve técnicos e pesquisadores que trabalham com Recuperação de Áreas Degradadas tem sido a disputa entre função ecológica e origem das espécies vegetais. A razão principal para o questionamento sobre o uso de espécies exóticas

relaciona-se com a possibilidade de uma destas espécies se tornar dominante, interferindo nas fases da sucessão natural, de forma a não permitir o aparecimento de outras plantas ou, em casos extremos, até se tornar uma praga. Contudo, esta possibilidade também existe com espécies nativas, além do fato de que grande número de espécies introduzidas já ter sido testado, sem expressar características ambientais inadequadas (CAMPELLO, apud DIAS *et al* 1998:191).

Na opinião de Campello (1998), o uso de espécies locais, a princípio, se mostra como o mais desejável; no entanto, ao analisar as variáveis envolvidas, verifica-se que podem existir limitações, como baixa disponibilidade de sementes, ausência de espécies selecionadas e adaptadas, falta de conhecimento de características silviculturais e da contribuição ao ciclo biogeoquímico.

Para Santos (2003: 93), a seleção das espécies visando à reabilitação de ecossistemas degradados deverá ser orientada para a autosustentação. As espécies com ciclo de vida curto ou aquelas que, pelas condições ambientais, forem incapazes de reproduzirem-se, deverão ser utilizadas somente se houver previsão de substituição ou se, através do processo de sucessão ecológica esse processo der-se naturalmente.

A intervenção técnica deve se basear no potencial de recuperação do ecossistema, buscando ajudar os processos naturais. O papel ou a função que a espécie exerce na estrutura parece mais importante do que a origem desta, sendo a seleção de habitat feita pelos zoodispersores<sup>3</sup> orientada pela forma vegetal (ODUM, 1988). A princípio os padrões de sucessão mostram-se mais dependentes da função ecológica que cada indivíduo compõe no sistema (pioneira, secundária, fixador de nitrogênio, depositador de material orgânico, abrigo para zoodispersores) do que da identidade botânica e origem da espécie.

---

<sup>3</sup> Zoodispersores - termo usado em botânica para definir a classe de animais que fazem a dispersão de sementes.

Atributos como rápido estágio de muda no viveiro, disponibilidade de sementes, ciclo de desenvolvimento curto, capacidade de proteção do solo, capacidade de aporte orgânico, qualidade deste material e a formação de manta orgânica, apoiada em sistemas radiculares mais profundos e eficientes em buscar nutrientes não-disponíveis para outras plantas, são características desejáveis em árvores empregadas com esta finalidade. Quando estas habilidades podem ser associadas com a capacidade de fixar  $N_2$  atmosférico encontram-se então espécies que devem ser testadas em ensaios em áreas degradadas (CAMPELLO, apud DIAS, 1998: 192).

Corroborando com as idéias de Campello, Santos (2003: 98), diz que a seleção das espécies baseia-se na capacidade de adaptação destas às condições do ecossistema a ser reabilitado e de seu bom desenvolvimento local.

Para Campello, no processo de revegetação de áreas degradadas não existem fórmulas prontas, e para cada situação o maior número de espécies nativas e exóticas deve ser testada, considerando que, no caso das exóticas, se deve conhecer o comportamento da espécie em termos de sucessão, para evitar que estas passem a ser dominantes no ecossistema. Dessa forma, objetiva-se uma diversidade razoável de espécies adaptadas às difíceis condições iniciais.

Em locais onde ocorre a degradação do solo, a ausência de matéria orgânica faz com que estas apresentem baixa resiliência, ou seja, a reação ambiental para retorno às condições anteriores pode não ocorrer ou ser muito lenta.

A ativação sucessional passa pela contínua alteração das condições ambientais do sítio a ser recuperado. Portanto, o plantio de leguminosas arbóreas atende às necessidades de rápido estabelecimento de uma cobertura vegetal, conjugada com efeitos de maior duração, como oferta contínua de nitrogênio, aumento da população microbiana, elevada deposição de material orgânico de rápida decomposição, além de mudanças microambientais (sombra,

retenção de umidade e redução de temperatura), que atuam como ativadoras e reguladoras dos recursos disponíveis, de forma, a permitir o surgimento de espécies mais exigentes (CAMPELLO, apud DIAS, 1998:194).

Em taludes é comum a utilização de gramíneas na face do talude e de espécies arbóreas nas bermas. As gramíneas têm a função de recobrir rapidamente a superfície inclinada, sujeita à erosão intensa e uma vez que tenham provido essa proteção, mudas de árvores e arbustos podem ser plantados também nos taludes (SANCHEZ, 2000).

Uma grande vantagem de utilização das espécies pioneiras, é sua rusticidade, proporcionando redução de gastos nas etapas de implantação e manutenção, devido ao rápido recobrimento do solo. O plantio de leguminosas arbóreas, que fixam nitrogênio atmosférico, deve ser utilizado em condições de forte degradação ambiental, onde as camadas superficiais do solo foram retiradas ou fortemente alteradas (ALMEIDA, 2000: 74).

Avaliando-se o nitrogênio existente em nosso planeta, 54% está preso nos sedimentos, 46% na atmosfera e somente 0,03% no sistema solo – planta - animal (DELWILCHE, apud CAMPELLO 1996: 9). Ainda segundo o autor, a oferta de N mineral para as plantas está na dependência da contínua decomposição de matéria orgânica. A fixação  $N_2$  atmosférico está restrita a bactérias que ocorrem no solo ou associadas a algumas espécies animais.

Mesmo assim na fixação de  $N_2$  atmosférico é o sistema que mais contribui para reciclar nitrogênio contendo, para isso, com a ação das leguminosas.

Segundo Campello (1996:10) a quantidade de  $N_2$  fixado irá depender do ecossistema e de organismos fixadores de nitrogênio envolvidos. O autor cita que a fixação de  $N_2$  atmosférico para uma floresta de acácia negra (*Acácia Mearnsii*), pode chegar a 200 kg  $N_2$  / ha/ano.

O recobrimento do solo, a ciclagem de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica e formação de serrapilheira, apoiada em sistemas radiculares mais profundos e eficientes em buscar nutrientes não disponíveis para outras culturas, são algumas características desejáveis em árvores empregadas em recuperação de áreas degradadas (CAMPELLO, 1996: 12).

Nas áreas onde ocorreu uma degradação do solo, a ausência de matéria orgânica, principal fonte de nutrientes e de retenção de umidade faz com que a vegetação tenha baixo índice de ocupação ou seja, a reação ambiental pra recuperação vegetal pode não ocorrer ou ser muito lenta. Nestas situações, segundo Redente, apud Campello (1996: 13), a intervenção técnica se faz necessária para amenizar o ambiente, de forma a permitir que os mecanismos de sucessão natural possam ser efetivos.

O desejável em termos de opção técnica para estabelecimento de nova vegetação seria alcançar o recobrimento do solo com baixa dependência de aporte de insumos externos e criando condições favoráveis para a reação da natureza, tornando a área auto-sustentável, no decorrer do tempo.

A utilização de leguminosas arbóreas pioneiras, de rápido crescimento, capazes de fixar  $N_2$  atmosférico, atende aos requisitos da fase inicial de recobrimento do solo, criando condições mais favoráveis no ambiente, através de elevado aporte de material orgânico, surgimento e transformação de raízes e nódulos e de associação com fungo micorrízicos, permitindo que plantas mais exigentes possam se estabelecer (FRANCO et al, apud CAMPELLO, 1996: 14).

Isto indica que as leguminosas arbóreas proporcionam rápido recobrimento do solo, oferta contínua de nitrogênio e proporcionam sombreamento de outras espécies.

#### 2.5.4 AGENTES DISPERSORES

A caracterização da participação dos diferentes agentes naturais de dispersão de propágulos em cada tipo de composição vegetal configura-se como uma etapa importante no planejamento e na execução dos processos de Recuperação de Áreas Degradadas. Os agentes dispersores podem ser divididos em abióticos e bióticos. Entre os abióticos estão a dispersão autocórica (abertura do fruto e queda direta das sementes), hidrocórica (água), barocórica (queda do fruto) (CAMPELLO apud DIAS, 1998: 185).

A dispersão anemocórica (vento) abrange maior número de espécies dentro do grupo das espécies pioneiras na maioria dos ambientes tropicais. A via zoocórica compreende todos os agentes bióticos de dispersão. Morcegos, aves e pequenos roedores constituem alguns dos principais dispersores de espécies vegetais de hábitos de crescimento pioneiro, fundamentais no processo vegetal primário (CAMPELLO apud DIAS, 1998: 185).

De acordo com Campello (1996), dentro do processo de recuperação em áreas onde o subsolo foi explorado, existe a necessidade da intervenção técnica para estabelecimento de uma nova cobertura vegetal arbórea ou arbustiva, o que poderá criar condições, em um espaço de tempo relativamente curto, de atratividade de agentes de dispersão zoocórica.

Ainda dentro das definições de Campello (1996), verificamos que a dispersão zoocórica é um fator muito importante a ser considerado na velocidade de retomada da sucessão vegetal, tendo-se em vista que esses agentes migram entre fragmentos florestais e que precisam se abrigar ou descansar durante esses trajetos. Ao encontrar locais de pousio<sup>4</sup>, estes animais frugívoros<sup>5</sup> depositam suas fezes ou regurgitam propágulos ingeridos, permitindo, dessa forma, até a troca de material vegetativo entre áreas ou populações distintas (WEGNER e MERRIAM, 1979 apud CAMPELLO, 1996 :186).

---

<sup>4</sup> Pousio - pouso

<sup>5</sup> Frugívoros – animais que se alimentam de frutas

A preocupação dos técnicos que atuam no setor de Recuperação de Áreas Degradadas, em relação a esse mecanismo, deve estar voltada para a geração, o mais rápido possível, de condições favoráveis para atração e recebimento dos propágulos que ingressem pelos diferentes agentes de dispersão. Neste aspecto, as soluções podem variar desde a implantação de árvores de rápido crescimento, a permanência de árvores remanescentes, até a utilização de restos de árvores ou troncos, que funcionam como poleiros naturais em áreas abertas, capazes de atrair aves ou morcegos. Todavia, não basta atrair agentes de dispersão zoocórica ou receber propágulos via abiótica, torna-se fundamental criar condições adequadas de substrato, para que os propágulos que atinjam o chão possam se estabelecer (CAMPELLO, 1998: 187).

## **2.6 O PROCESSO EROSIVO**

O processo erosivo pode ser entendido por meio de sua resultante, ou seja, como a perda de materiais, partículas minerais e orgânicas do solo, ou massas de rocha ou solo para áreas com menor energia potencial, numa seqüência de eventos inter-relacionados que agem sobre a desagregação, o transporte e deposição (BACK, 1999: 48). A erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases, sendo a primeira constituída da remoção das partículas, e a segunda, referente ao transporte deste material (SILVA, 1999).

Nas considerações feitas por Silva (1999) observa-se que as pesquisas sobre a erosão do solo consideram como sendo fatores controladores dos processos erosivos a erosão da chuva, as propriedades dos solos (textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade de agregados, pH do solo), cobertura vegetal e características das encostas.

A suscetibilidade à erosão diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas. Está na dependência

das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compacta e pedregosidade), das condições do relevo (declive, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal, como mostra a Tabela1 (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995: 31).

Tabela 1: Graus de limitação por suscetibilidade à erosão.

<i>Nível de declive</i>	<i>Grau de limitação</i>
0 a 3%	Plano/ praticamente plano
3 a 8%	Suave ondulado
8 a 13%	Moderadamente ondulado
13 a 20%	Ondulado
20 a 45%	Forte ondulado
45 a 100%	Montanhoso
Acima de 100%	Escarpado

Fonte: RAMALHO FILHO & BEEK, 1995 p 31

RAMALHO FILHO & BEEK, através de seu trabalho de 1995, nos dão a classificação dos Graus de Limitação por Suscetibilidade à Erosão, de acordo com suas propriedades físicas e graus de declividade:

**Nulo (N)** – terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solos de relevo plano ou quase plano (0 a 3% de declive), e com permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.

**Ligeiro (L)** – terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Geralmente, possuem boas propriedades físicas, variando os declives de 3 a 8%. Quando utilizadas com lavouras, por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir esse tipo de erosão.

**Moderado (M)** – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Seu relevo é normalmente ondulado, com declive de 8 a 13%. Esses níveis de declive podem variar para mais de 13%, quando as condições físicas forem muito favoráveis, ou para menos de 8%, quando muito desfavoráveis, como é o caso de solos com horizonte B, com mudança textural abrupta. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar

sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola.

**Forte (F)** – terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declive normalmente de 13 a 20%, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle.

**Muito forte (MF)** - terras com suscetibilidade maior que a do grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Ocorrem em relevo forte ondulado, com declives entre 20 e 45%. Na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.

**Extremamente forte (EF)** – terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos. Trata-se de terras ou paisagens com declives superiores a 45%, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental.

Back, em seu trabalho de 1999, nos traz as definições de Erosividade e Erodibilidade, que nos permitirão avaliar melhor os processos erosivos que poderão estar presentes nas áreas que estiverem sendo alvo de intervenção.

Erosividade pode ser entendida como a habilidade da chuva em causar erosão (HUDSON, 1961 apud BACK, 1999: 48). Complementa Back que existe a dificuldade em estabelecer parâmetros de avaliação e mensuração do potencial de erosividade, restando-nos tentar relacionar os totais precipitados com valores ou massas totais de solos transportados.

Erodibilidade é, segundo Morgan apud Back (1999: 50), a resistência do solo em ser removido e transportado.

A Erodibilidade está, portanto, diretamente relacionada às propriedades do solo, tais como textura, estrutura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica. (BACK, 1999: 51).

A cobertura vegetal atua como interceptora das gotas, e o aumento da cobertura vegetal diminui a erosão (BACK, 1999: 54).

Existe um consenso generalizado de que as florestas desempenham um importante papel na proteção do solo e que o desmatamento pode propiciar o aparecimento da erosão e os movimentos coletivos de solos (GUIDICINI e NIEBLE, 1983: 62).

Segundo Back (1999: 56), a erosão pode ser classificada de diferentes maneiras como por exemplo, em função de suas causas, dos agentes envolvidos, da natureza e velocidade dos movimentos, da natureza dos materiais.

Podemos chamar de erosão laminar a erosão provocada pelo escoamento superficial generalizado, não concentrado (BACK, 1999: 57). Este tipo de erosão ocorre quase sempre em chuvas prolongadas, onde o escoamento superficial cobre a maior parte da superfície, numa forma entrelaçada com profundidades variáveis no tempo e no espaço. Quanto maior a velocidade e a turbulência do fluxo, maior será a erosão.

Erosão em sulcos ocorre quando há um aumento da velocidade de escoamento da água devido ao aumento de volume e aumento da declividade, ocasionando incisões no solo onde a água passa a correr preferencialmente (BACK, 1999:58).

Para Guerra, 1998 apud Oliveira (1999), ravina são incisões de até 50 cm de largura e profundidade. Acima desses valores, as incisões erosivas seriam denominadas de voçorocas.

Já para o IPT, apud Oliveira (1999), ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial, e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático.

Segundo as definições de Coelho Neto (1998) apud Oliveira (1999), a erosão por ravinas e voçorocas é causada por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Todos derivam de rotas tomadas pelo fluxo de água, que pode ocorrer na superfície ou em subsuperfície.

Oliveira (1999), identifica oito mecanismos principais envolvidos no processo erosivo, quais sejam:

- Deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva;
- Transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso;
- Transporte de partículas por fluxos concentrados.
- Erosão por Quedas d'água;
- Solapamento de base de taludes,
- Liquefação de materiais de solo;
- Arraste de partículas por percolação;
- Arraste de partículas em túneis ou dutos.

Os taludes podem estar sujeitos a escoamentos, que Back define como deformações ou movimentos contínuos do solo e rocha, e podem ser classificados em corridas (escoamento em fluxo viscoso) e rastejo, caracterizado por movimentos lentos e contínuos, ocasionados em função da força da gravidade, ou efeitos de variações de temperatura ou umidade.

Para Guidicini e Nieble (1983:18), escoamentos são deformações, ou movimentos contínuos, estando ou não presente uma superfície definida ao longo da qual a movimentação ocorra. Podem ser divididos em: rastejo e corrida

Ainda nas definições de Guidicini e Nieble, (1983:19) rastejos são movimentos lentos e contínuos de material de encostas com limites indefinidos. Podem envolver grandes massas de solo, como por exemplo os taludes de uma região inteira, sem que haja, na área

interessada, diferenciação entre material em movimento e material estacionário. A movimentação é provocada pela ação da gravidade, intervindo, porém, os efeitos devidos às variações de temperatura e umidade. Já para corrida, os mesmos autores, definem que são formas rápidas de escoamento, de caráter essencialmente hidrodinâmico, ocasionadas pela perda de atrito interno, em virtude da destruição da estrutura, em presença de excesso de água.

Em casos onde a erosão em sulcos avança podem ser identificados as voçorocas, que é um processo acelerado de erosão, provocado por diferentes mecanismos que atuam concomitantemente, resultando em valas profundas e largas, com paredes íngremes e normalmente de fundo achatado (BACK, 1999: 73).

### 3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS DE RECUPERAÇÃO

Para se definir os trabalhos de recuperação ambiental na área em estudo é necessário descrever o método de mineração desenvolvido na área. Esta contextualização dará as bases necessárias para a escolha do método de recuperação adequado, e qual deverá trazer melhores resultados.

Na área de estudo foi desenvolvida a mineração de carvão a céu aberto, com auxílio de escavadeiras *showell* e *drag line*, esta de grande porte, denominada *Marion*.

Em grande parte da área em estudo houve a inversão das camadas, ou seja, a máquina retirava a primeira camada de solo, colocava do lado, depois retirava as camadas subsequentes de cobertura da camada de carvão e as depositava sobre o solo, formando pilhas de estéreis de formado cônico, podendo atingir 35m de altura. Este substrato era muito pedregoso, impossibilitando a instalação da vegetação. Além disso, tinha potencial de contaminação, podendo gerar acidez, contaminando solo e recursos hídricos.

Ademais havia a deposição de rejeitos vindos de beneficiamento, utilizados para o revestimento de estradas, bem como do abandono da quadração<sup>6</sup>, material retirado das minas e com pouco valor comercial. O problema maior é que estes rejeitos têm um potencial poluidor muito grande, podendo causar acidez e liberar metais pesados.

---

<sup>6</sup> Quadração – Parte intermediária da cama de carvão, composta por silitos, folhelhos e veias de carvão, de pouco valor econômico.

Para Alexandre *et al* (1995: 15), os rejeitos oriundos do beneficiamento de carvão constituem uma das maiores fontes de problemas ambientais relacionados com o carvão. A maior parte do rejeito do processo de beneficiamento de carvão consiste de materiais carbonosos misturados com pirita, argilas, arenitos e xistos. Estes materiais, quando expostos ao oxigênio e à umidade geram condições ótimas para a oxidação da pirita, acarretando a formação de águas ácidas, com elevadas concentrações de metais tóxicos dissolvidos.

O alto teor de pirita contido nos rejeitos piora ainda mais o problema ambiental, uma vez que vem lixiviando durante anos, contaminando a maior parte das bacias hidrográficas e reservas subterrâneas de água da Região Sul de Santa Catarina (BID, 2003:1). Porém não podemos considerar como potencialmente poluidores apenas os materiais expostos ao ar e à água. O intemperismo, fenômeno que se prolonga através do tempo, reativa o material de formação de acidez (ALEXANDRE *et al*, 1995: 16).

Os trabalhos de recuperação ambiental desenvolvidos na área de estudo, estão divididos em três etapas: retirada dos rejeitos, conformação topográfica e reconstrução do solo.

### **3.1 RETIRADA DOS REJEITOS**

Os rejeitos piritosos encontravam-se dispostos em pilhas dispersas, especialmente junto às margens da estrada principal, das lagoas e do Rio Fiorita. Além disso, ocorriam lastreando estradas e depositados nos fundos dos lagos presentes na área e que representam antigas cavas de mineração de carvão.

Remover os rejeitos da área degradada, como mostra a Figura 1, foi fundamental para as pretensões de reabilitação do Campo Mina Malha II Leste, uma vez que, trata-se da principal fonte de poluição da área devido ao alto teor de pirita encontrado nos mesmos. Essa

foi, portanto, a primeira etapa de reabilitação a ser cumprida, seguida da remodelagem do terreno.



**Figura 1:** Retirada de Rejeitos às margens do rio Fiorita, Malha II Leste, Siderópolis, em Fevereiro de 2004. Fonte: Acervo da CSN.

Os rejeitos foram retirados da área de recuperação ambiental e enviados para um depósito construído especificamente para este fim. A solução técnica adotada para isolar esses rejeitos foi fazer uma cava, impermeabilizar o fundo e as laterais com argila compactada (Figura 2), para evitar que as águas que porventura entrem em contato com estes rejeitos, infiltrem e, com isso, venham a prejudicar o lençol freático.

De acordo com as considerações técnicas de Alexandre *et al* (1995:16), tem-se que os rejeitos encerrados de forma a não receber oxigênio, não se oxidam e não poluem o meio ambiente.

O encerramento dos rejeitos num depósito isolado contempla os requisitos técnicos necessários para seu isolamento do contato com o oxigênio do ar.



**Figura 2 :** Depósito de Rejeitos, Malha II Leste, em Outubro de 2003. Fonte: Acervo da CSN.

A compactação foi feita através do lançamento de camada de 40 cm de argila e compactada posteriormente com uso de rolo pé de carneiro tracionado, como podemos visualizar na Figura 3 , até a obtenção de uma taxa de infiltração de  $10^{-7}$  cm/s.



**Figura 3:** Compactação da Célula de Rejeitos com uso de rolo pé-de-carneiro. Malha II Leste, em Novembro de 2003. Fonte: Acervo da CSN.

A verificação da taxa de infiltração foi feita através de teste de infiltração com uso do Método dos Cilíndricos Concêntricos. Este método consiste no uso de um par de cilindros concêntricos, com diâmetro de 50 cm e 25 cm, respectivamente. Coloca-se uma lâmina de

água igual nos dois cilindros e mede-se o tempo de infiltração da lâmina de água no cilindro central, com auxílio de uma régua de 30 cm, como demonstrado na Figura 4. Tendo-se a lâmina de água infiltrada e o tempo, calcula-se a velocidade de infiltração, que no caso, refere-se a taxa de infiltração saturada.



**Figura 4:** Teste de infiltração na célula de rejeitos pelo método dos cilindros concêntricos. Malha II Leste, em Novembro de 2003. Fonte: Acervo da CSN.

A célula de rejeito foi coberta com camada de estéril de 1,50m e, posteriormente com camada de argila de 0,50m. Sobre os estéreis foi colocada uma camada de calcário e incorporando-o aos mesmos, visando neutralizar esses estéreis para o caso de infiltração de água.

A próxima etapa de selagem da célula será a revegetação, com aplicação dos insumos e introdução da vegetação com semeadura de herbáceas.

### 3.2 CONFORMAÇÃO TOPOGRÁFICA

A conformação topográfica tem por objetivo suavizar as linhas do relevo de maneira que se possa fazer a reconstrução do solo, reduzindo a ação da erosão. Sobre o relevo conformado será implantado o novo substrato que sustentará a vegetação. A conformação topográfica foi feita com corte e aterro, com uso de tratores de esteira, escavadeira hidráulica e caminhões.



**Figura 5:** Conformação Topográfica. Malha II Leste, em Maio de 2004. Fonte: Acervo da CSN.

### 3.3 REVEGETAÇÃO

A última etapa da recuperação ambiental foi a implantação da vegetação. Foi colocada uma camada de argila de 20 ou 50 cm e sobre ela se implantou a vegetação.

Sobre os estéreis foi colocado calcário. A adição de calcário em pó aos estéreis tem por finalidade corrigir a acidez do substrato e, ao mesmo tempo, tornar indisponíveis (reter) metais poluentes presentes no solo como, por exemplo, o Ferro, o Alumínio e o Manganês, evitando que os mesmos sejam carreados.

Na seqüência do remodelamento os estéreis foram cobertos com solo argiloso (horizonte B ou C), seguindo-se adubação química e orgânica para auxiliar na melhoria das condições de fertilidade do solo que servirá como substrato para a introdução da vegetação herbácea e arbórea na área.

Devido à baixa fertilidade natural do substrato, foram recomendadas ações corretivas para o pronto estabelecimento da vegetação introduzida. Para esta etapa se fez a utilização de um condicionador do solo, devido ao baixo teor de matéria orgânica presente. Para isto foi utilizada intensivamente a adubação orgânica (cama de aviário estabilizada e turfa).



**Figura 6:** Colocação de insumos: Calcário, Cama de Galinha, Turfa e Sementes de Herbáceas. Malha II Leste, em Julho de 2004. Fonte: Acervo da CSN.

Estes materiais foram empregados com o objetivo de melhorar as características físicas, químicas e microbiológicas do substrato, assim como prover um banco de sementes para iniciar o processo de revegetação na área em questão, diminuindo dessa forma, o risco de erosão logo após o remodelamento do terreno.

Para efeitos de recuperação da vegetação empregou-se, ao longo dos taludes do rio e das pilhas não remodeladas, em função da recuperação natural ou devido a sua grande declividade, medidas usadas em estabilização de encostas denominadas de “leitos vivos”.

Esta metodologia consiste na abertura de covas de 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m no talude em linha seguindo uma curva de nível. Após a abertura, preencheu-se esta cova com argila e com os condicionantes do solo adequados para um bom desenvolvimento vegetativo, garantindo sua estabilização. As mudas foram plantadas espaçadas 1,5 metro, dando preferência para a Bracatinga (*Mimosa scabrella*) espécie adaptada às condições ambientais da região e pelo seu rápido desenvolvimento, formando assim um “cordão vivo”. Além do cordão vivo deverá ser semeado bracatinga (*Mimosa scabrella*) com saraquá, gramíneas e leguminosas a lanço, com o intuito de garantir a recomposição eficiente da vegetação no restante da área não remodelada.

O uso de espécies herbáceas (gramíneas e leguminosas) plantadas em consorciação, é de fundamental importância para melhorar as características físico-químicas do solo bem como fixar as partículas do solo evitando a formação de processos erosivos iniciais.

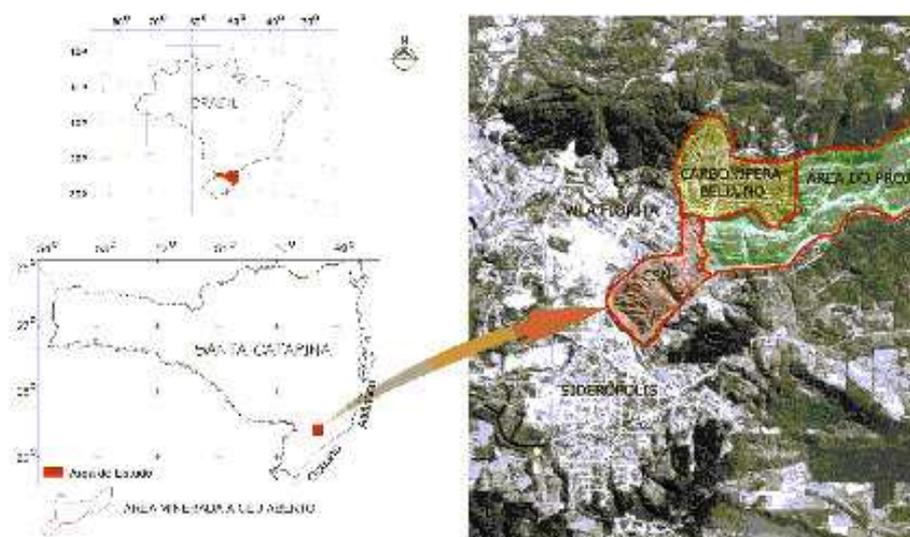
Durante a etapa de preparo do solo para a introdução da vegetação, 70% do volume total de calcário necessário, foi aplicado sobre os estéreis e incorporados ao mesmo. O restante foi distribuído e incorporado à argila que recobriu os estéreis, permitindo, dessa forma, a correção do substrato, além de tornar indisponíveis metais tóxicos como o Ferro, o Manganês e o Alumínio.

A incorporação do calcário foi feita com o auxílio de grade de disco dentada, com pouco ângulo de abertura, garantindo, assim, uma incorporação mínima necessária.

## 4 METODOLOGIA

A área de estudo localiza-se no município de Siderópolis, SC, distante 10 km de Criciúma, no Sul do Estado. O acesso a partir de Criciúma é pela Rodovia SC 447.

O local onde está sendo desenvolvido o Projeto de Recuperação Ambiental denomina-se Malha II e está a nordeste da cidade de Siderópolis - SC, em áreas intensamente mineradas a céu aberto para extração de carvão. Situa-se na sub-bacia do rio Fiorita, contribuinte da sub-bacia do rio Mãe Luzia, que por sua vez integra a Bacia Hidrográfica do rio Araranguá, conforme demonstrado na Figura 7, abaixo.



**Figura 7:** Mapa de Localização da área de estudo. Fonte: PRAD Malha II Leste.

A metodologia utilizada neste Trabalho teve por objetivo analisar os indicadores ambientais selecionados. Esta Metodologia é restrita à análise dos dados levantados para este fim. A Metodologia de execução do PRAD, definida por outros autores, não é objeto desta análise, ficando restrita, portanto, à execução dos trabalhos definidos no PRAD, a qual está contemplada no Capítulo 3; Descrição dos Trabalhos de Recuperação.

Para obtenção dos parâmetros necessários para esta análise constante neste Trabalho, foi usada a seguinte metodologia:

#### **4.1 FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO**

Para verificar a evolução da fertilidade química do solo, foi feita análise comparativa entre a fertilidade química do solo “*in situ*” e, posteriormente, feita análise química do solo após o estabelecimento da vegetação. A análise química do material “*in situ*” foi feita no Laboratório de Solos do IPAT e as feitas após o estabelecimento da vegetação foram enviadas para o Laboratório Físico Químico e Biológico da CIDASC, em Florianópolis. A coleta de solo para análise das áreas revegetadas foi feita dia 23 de setembro de 2004 e a da jazida foi feita em 23 de abril de 2001. Ambas estão em anexo.

A metodologia para coleta de solos utilizada para as amostras das áreas com vegetação instalada foi a metodologia indicada pela EMBRAPA.

A área pesquisada foi dividida em dois blocos, um com 15000 m<sup>2</sup>, dita Zona 9, cuja vegetação foi implantada há 90 dias e outra com 5000 m<sup>2</sup>, dita Zona 10, cuja vegetação foi implantada há 60 dias da coleta. Foram selecionados quinze pontos de coleta em cada área, com caminhamento em zigue-zague.

Procedimento:

Foi retirada a cobertura vegetal, cavado um buraco quadrado, de 20 cm de profundidade, com uso de pá de corte.

Retirado uma fatia de 2 cm de largura por 20 cm de profundidade, eliminado as duas laterais, com uso de facão e colocado a parte central num balde de 5 L;

Repetiu-se o procedimento nos outros pontos;

Colocou-se sobre um plástico, homogeneizado e quarteado, da seguinte forma: feitas oito divisões e descartadas duas divisões, em lados opostos. Foi repetida a operação até atingir um volume de solo de aproximadamente 0,5kg;

Colocado em saco plástico, etiquetado e enviado para análise no Laboratório Físico Químico e Biológico da CIDASC, em Florianópolis.

## **4.2 COBERTURA VEGETAL**

Para verificar ao desenvolvimento da cobertura vegetal proporcionada pelas herbáceas, foi feita amostragem através do uso de quadro de madeira de 1m<sup>2</sup>, com divisões de 10x10cm. O artefato foi jogado aleatoriamente, cinco vezes em 1ha. Foi medida a altura média da vegetação, espécie, número de espécies e calculado a porcentagem de recobrimento do solo. Isto permitiu extrapolar os dados para toda a área.

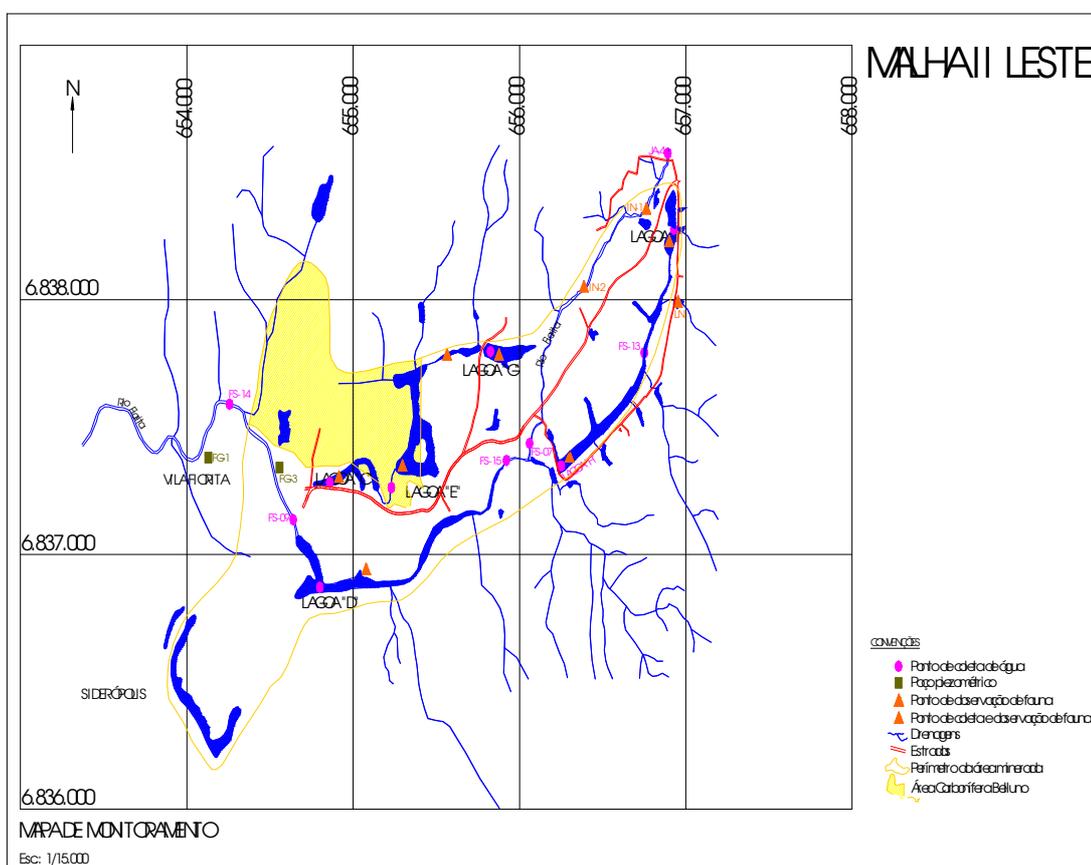
Para a identificação das espécies foi usado um guia de campo: LORENZI, 1982.

Este procedimento foi repetido nos meses de setembro e outubro de 2004. Os dados foram transportados para um gráfico, o qual permitiu visualizar o desenvolvimento da vegetação ao longo do tempo.

### 4.3 RECURSOS HÍDRICOS

Para o acompanhamento da evolução da qualidade das águas superficiais, foram usados dados do monitoramento de toda área recuperada, através de análises feita pelos laboratórios do IPAT, constantes do plano de monitoramento da área.

Os locais selecionados para coleta de dados foram as Lagoas C, E, e G, próximo do local onde foi feito levantamento de vegetação, erosão e arbóreas e onde a vegetação está implantada. O mapa de localização dos pontos de coleta de águas superficiais está na figura 8, abaixo.



**Figura 8:** Mapa de Localização dos pontos de coleta de águas superficiais, Malha II Leste. Fonte: Programa de Monitoramento, acervo da CSN, em Dezembro de 2004.

As análises realizadas foram:

- ¬ pH
- ¬ Acidez
- ¬ Al
- ¬ Fe Total
- ¬ Manganês

Os dados foram levantados em seis campanhas de monitoramento:

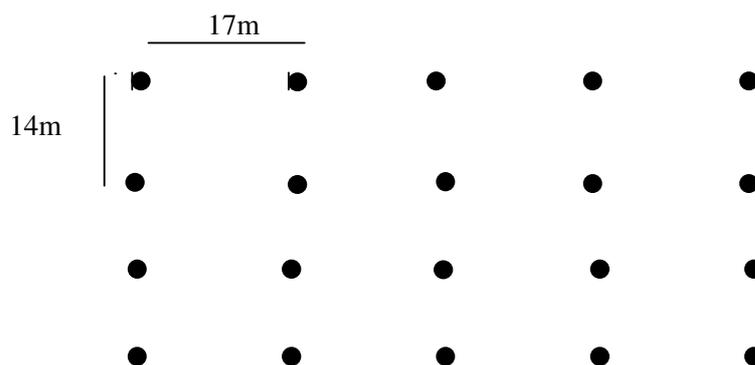
- ¬ 1ª campanha- dia 02/03/2003;
- ¬ 2ª campanha- dia 28/05/2003;
- ¬ 3ª campanha- dias 19/08/2003
- ¬ 4ª campanha- dias 10, 11, 12/11/2003;
- ¬ 5ª campanha- dias 03, 04, 05/02/2004;
- ¬ 6ª campanha- dias 28 e 29/06/2004 e 01/07/2004

Após coleta, as amostras foram ensaiadas no Laboratório do IPAT.

#### **4.4 EROSÃO LAMINAR**

Para identificação de erosão laminar, foi isolada uma área  $5000\text{m}^2$ , a qual estava com vegetação implantada na data do início do ensaio (agosto/2004), mas não consolidada ainda. A área tem uma declividade de 10%, de acordo com dados constantes no Mapa de Perfis, parte integrante do PRAD MII Leste. A escolha desta área se justifica pois possibilita avaliar a capacidade da vegetação em evitar a erosão à medida que vai se desenvolvendo. A influência da declividade do terreno também foi avaliada nesta amostragem. A análise foi feita levando-se em consideração a precipitação do período.

Foi feita malha retangular com fileira de estacas formando malhas de 17 x 14 m, como demonstrado na figura abaixo:



**Figura 9:** Esquema da malha para identificação de erosão laminar.

Em cada cruzamento da malha foi colocada uma estaca ao nível do solo. Em intervalos regulares de 30 dias foi analisada a posição de cada estaca, verificando se houve remoção ou deposição de solo.

## 4.5 PIONEIRAS ARBÓREAS

Para identificação do desenvolvimento das pioneiras arbóreas foram feitos dois levantamentos: um no Cordão Vivo (implantação por mudas) e outro na área de implantação de *Mimosa scabrella*, por sementes.

### 4.5.1 MIMOSA SCABRELLA

Para este levantamento foi isolada uma área de  $15.000\text{m}^2$ , na área denominada Zona 9, onde as arbóreas estavam implantadas há sessenta dias e já estavam germinadas. A escolha

desta área em especial permitiu que se acompanhasse o seu desenvolvimento em pelo menos três meses consecutivos: agosto, setembro e outubro. As arbóreas identificadas nesta etapa foram as bracingas, as quais haviam sido plantadas em covas, distanciadas 2m, com 6 a 8 sementes por cova. A semeadura foi feita na primeira semana de junho de 2004.

Estabeleceram-se 25 pontos de amostragem em malha de cinco filas com cinco estacas cada. Medida altura das mudas e nº de mudas por cova. Os dados foram registrados em planilha para o acompanhamento. Foi feita planilha com acompanhamento mensal do desenvolvimento, com os dados anotados nesta planilha. A planilha está no Anexo B (Crescimento de *Mimosa scabrella*).

#### **4.5.2 CORDÃO VIVO**

No cordão vivo foram isoladas 137 mudas, as quais foram plantadas há 30 dias do início do acompanhamento. Este era o tempo mínimo para se obter acompanhamento de pelo menos três meses: agosto, setembro e outubro.

Os dados foram anotados em uma planilha: espécie, h, situação vegetativa (folhas novas) e mortalidade. A planilha está anexa (Anexo A: Tabela de Crescimento Arbóreas Cordão Vivo).

#### **4.6 ESTABILIDADE DE TALUDES**

A estabilidade dos taludes foi verificada através da observação do taludamento nas encostas de uma área denominada de Zona 9 e Zona 10, às margens da Lagoa E com comprimento linear de 200 m. Nesta área foi feita revegetação com mudas de gramíneas e semeadura de herbáceas, ao longo dos meses de junho e julho de 2004. Embora a revegetação

com mudas de gramíneas não houvesse sido recomendando pelo Projeto, esta foi uma alternativa encontrada para acelerar o recobrimento vegetal dos taludes.

Nesta análise foram verificados pontos de escorregamento, cobertura vegetal, feições erosivas.

#### **4.7 EROSÃO POR SULCOS OU RAVINAS**

Para identificação de erosão em ravinas, foi analisada uma área de 5000 m<sup>2</sup>, onde foi verificado: número, frequência, profundidade. Este levantamento foi feito ao longo de um período de 2 meses.

Esta área foi selecionada por ter vegetação implantada há 60 dias do início do levantamento, mas não ainda consolidada. Este estágio de desenvolvimento da vegetação foi importante para a análise, pois permitiu seu acompanhamento durante o desenvolvimento da vegetação.

#### **4.8 FAUNA**

Para o monitoramento da fauna foram utilizados os dados constantes do Plano de Monitoramento da CSN, realizado pelo IPAT.

Os trabalhos foram realizados nos dias 26, 27 e 29/08/04. A metodologia estabelecida foi de caminhamento (*transects*) para os levantamentos de avifauna. A identificação de todos os indivíduos que vocalizavam ou foram visualizados nos remanescentes florestais e áreas remodeladas, foi feito com uso de guias de campo específicos para aves (LA PEÑA, 1998; EFE, MOHR e BUGONI, 2001; ROSÁRIO, 1996; SICK, 1995).

Foram percorridas as Zonas Z9; Z10; Z13; Z14; Z16; Z18., sendo relatados e fotografados todas as evidências diretas e indiretas da presença de vertebrados. Os trabalhos

foram realizados em dois ambientes distintos: remanescentes florestais (remanescente 1 na Zona 16; remanescente 2 na Zona 16; remanescente 3 na Zona 18) e áreas remodeladas com cobertura argilosa em fase de recuperação.

Para os estudos de mastofauna foi utilizado método de identificação aleatória (*ad libitum*), onde é percorrida toda a área de estudo registrando todos os vestígios de prováveis atividades, identificando pegadas, fezes e restos de alimentos encontrados.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 ARBÓREAS

#### 5.1.1 CORDÃO VIVO

Para a análise deste indicador foi feita a primeira medição no mês de agosto, no qual a altura média das espécies está descrito no quadro abaixo.

Quadro 2: Altura média das espécies do Cordão Vivo em agosto/04

Espécie	Altura média (cm)
<i>Schinus terebinthifolius</i>	66,89
<i>Luehea divaricata</i>	50,59
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	74,5
<i>Senna multijuga</i>	44,70

A primeira fase da análise de arbóreas foi feita no mês de setembro, com os resultados constantes do quadro 3 abaixo.

A análise dos dados de crescimento de espécies arbóreas plantadas no cordão vivo, demonstra um crescimento acentuado durante o mês de setembro, cuja temperatura média foi

de 18,9 ° C<sup>7</sup>, contra uma temperatura média histórica para o mês de setembro de 17,0°C. Do total de 137 mudas analisadas, 4 mudas morreram, quatro foram quebradas, três estavam sem brotação, e 127 apresentaram brotação nova. Das quatro espécies analisadas as que tiveram melhor desempenho de brotação foram *Schinus terebinthifolius* e *Cytharexylum myrianthum*.

Quadro 3 : Desenvolvimento de arbóreas do cordão vivo

<b>Espécie</b>	<b>Crescimento médio h(cm) Setembro/2004</b>	<b>Crescimento médio h(cm) Outubro/2004</b>
<i>Schinus terebinthifolius</i>	4,82	6,15
<i>Luehea divaricata</i>	4,27	6,09
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	3,62	7,05
<i>Senna multijuga</i>	3,62	4,80

A espécie *Cytharexylum myrianthum*, apesar de ter apresentado no mês de setembro crescimento menor (3,62 cm), teve como diferencial a exuberante brotação em todo o tronco, o que foi verificado através da observação de brotação lateral e existência de gemas axilares, demonstrando grande adaptação desta espécie ao ambiente a que foi submetida.

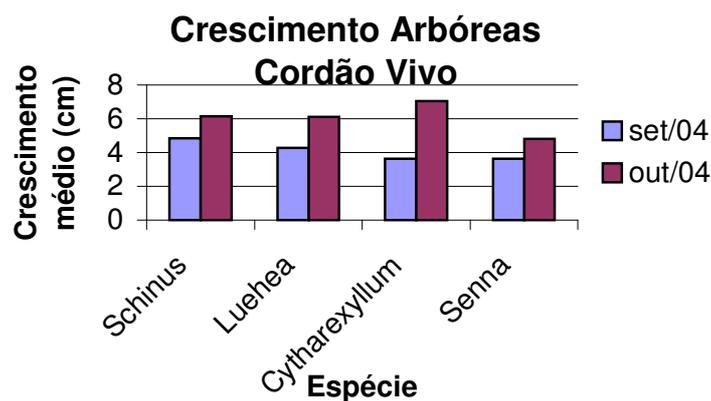
Durante boa parte do mês de setembro, quatro mudas ficaram parcialmente submersas, devido à elevação do nível do rio Fiorita, por conta da construção de um bueiro no referido rio. Apesar disto essas muda não morreram, visto que ficaram submersas apenas duas semanas, após o que o nível do rio Fiorita voltou ao normal.

No segundo mês de acompanhamento (outubro), ou seja, 90 dias após plantio, houve um crescimento maior de todas as espécies, quando comparado com o mês de setembro. A espécie *Cytharexylum myrianthum* foi a que apresentou maior crescimento (7.05 cm). Novamente, como apresentado no mês anterior, a espécie *Senna multijuga* foi a espécie que teve menor crescimento, embora seu crescimento tivesse sido maior em outubro do que em setembro.

---

<sup>7</sup> Dados da EPAGRI - Urussanga

No mês de outubro a temperatura média<sup>8</sup> foi de 18,6°C, bem próximo da média histórica para o mês, que é de 18,9°C. O comportamento da Temperatura durante os meses de setembro e outubro está no anexo G. A variação do crescimento das quatro espécies está demonstrado no gráfico abaixo.



**Figura 10:** Crescimento Arbóreas Cordão Vivo

As espécies selecionadas para o plantio no cordão vivo, bem como a metodologia de plantio adotada se mostrou eficiente, visto que apenas 2,9% das mudas morreram e a grande maioria (92,7%) teve brotação nova, 60 dias após plantio.

Noventa dias após o plantio a área apresentou um total de 7 mudas mortas (acumuladas), perfazendo um percentual acumulado de mortalidade de 5,11%.

As espécies escolhidas, entre pioneiras e secundárias iniciais, se mostraram adequadas ao local, que apresenta boa insolação e muita luminosidade, condições adequadas para o desenvolvimento destas espécies. Houve boa adaptação ao solo, naturalmente ácido e pedregoso, por ser área de mineração a céu aberto.

<sup>8</sup> Dados da EPAGRI - Urussanga

### 5.1.2 MIMOSA SCABRELLA

O campo de estudo para este indicador foi a área remodelada denominada Zona 9, numa extensão de 15000 m<sup>2</sup>. As sementes de bracatinga foram plantadas concomitante à introdução das herbáceas.

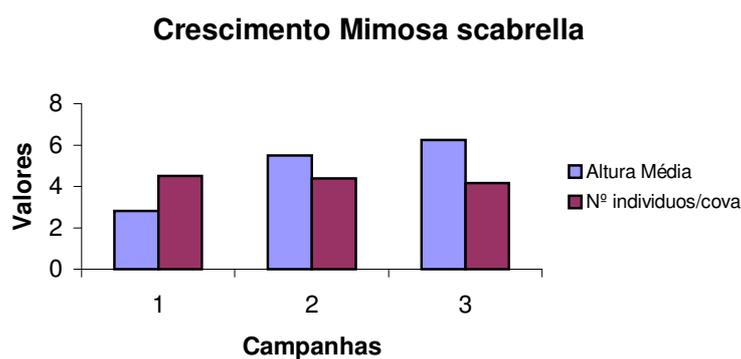
Nos meses de agosto, setembro e outubro 2004, foi feita contagem do número de mudas de *Mimosa scabrella* por cova e medido a altura média. Os dados foram colocados numa tabela (Anexo B), a qual gerou o gráfico abaixo, onde aparece altura média em centímetros e número de indivíduos em 26/08, 28/09 e 20/10/2004.

No mês de agosto a altura média era de 2,82 cm e 4,52 indivíduos por cova.

Em setembro eram 4,4 indivíduos por cova e altura média de 5,48 cm

Em outubro de 2004 foi feito o terceiro levantamento, apresentando uma altura média de 6.24 cm e 4,16 indivíduos por cova.

No mês de setembro, em relação a agosto, a mortalidade foi de 12 indivíduos, (9,70 %) e no mês de outubro, em relação a agosto, a mortalidade subiu para 18 indivíduos (14,8 %).



**Figura 11:** Crescimento de *Mimosa scabrella* na Zona 9, com 15000 m<sup>2</sup>

No primeiro mês de acompanhamento, as bracatingas (*Mimosa scabrella*) plantadas em sementes na área remodelada, não tiveram bom desempenho. Houve

crescimento médio de 2cm. A vegetação exuberante, que apresentou cobertura do solo de 100% e altura média de 93 cm, sufocaram as mudas, impedindo seu crescimento.

No mês de outubro o desempenho das bracatingas foi ainda pior do que setembro. A mortalidade subiu de 9,7 % em setembro pra 14,65 em outubro. O crescimento também foi pequeno nos dois meses analisados. Enquanto em setembro o crescimento médio foi de 2,00cm/individuo, em outubro este crescimento foi de 1,76cm/individuo.

Faz-se necessário monitoramento das bracatingas, para verificar sua capacidade de emergência no longo prazo, bem como se a vegetação herbácea agora instalada, vai manter-se com os atuais níveis de cobertura do solo.

## **5.2 EROSÃO LAMINAR**

No mês de setembro, sete estacas das 20 analisadas apresentaram algum tipo de erosão, sendo que em apenas um ponto houve deposição de material e em seis pontos houve retirada. Os pontos de retirada de material foram bem distribuídos em toda área, não havendo concentração de pontos com retirada de material. A precipitação total do mês de setembro foi de 278.8<sup>9</sup> mm, sendo que a média histórica é de 126,3 mm.

Dia 26 de outubro foi feito um segundo levantamento, o qual demonstrou que 13 pontos tiveram algum tipo de erosão, sendo que em um deles houve deposição de material e nos demais houve retirada. O ponto onde houve deposição de material no mês de outubro é o mesmo de setembro. A precipitação total do mês de outubro foi de 84,7 mm e a média histórica é de 128 mm.

---

<sup>9</sup> Dados da EPAGRI - Urussanga

Houve retirada de material tanto nas cotas altas como nas cotas mais baixas da área de estudo. No ponto de deposição, houve acúmulo de material de 2cm de altura. Nos pontos onde houve retirada de material, esses valores variaram de 0,25 cm a 1,5 cm. A área de estudo tem influência de águas de montante, vindas de uma área contígua. A jusante da área, a água passa por outra área ainda não revegetada, percorrendo um caminho de 100m até desaguar na Lagoa.

Segundo análise do Laboratório Físico Químico e Biológico da CIDASC, o solo em questão tem textura Classe 4 (teor de argila entre 11 a 25%).

A cobertura vegetal passou de 96,6% em setembro para 97,6% em outubro, não tendo influência significativa nos resultados encontrados.

O quadro demonstrativo do levantamento dos pontos de erosão está no anexo C.

Durante o mês de setembro, 35% das estacas analisadas para a determinação da erosão laminar, tiveram algum tipo de movimentação de solo, sendo que em uma delas houve deposição de material (2cm), e em 6 houve retirada de material. Esta área tem uma declividade de 10%.

No mês de outubro o número (acumulado nos dois meses) de estacas com erosão laminar subiu para 13 (52%).

Os cálculos efetuados com os dados levantados nesta área, demonstraram que houve retirada aproximada de um volume (estimado) de  $27,5 \text{ m}^3$  de solo na área de estudo, de  $5000 \text{ m}^2$ , durante o período de dois meses. Isso representa uma média de  $55 \text{ m}^3$  de solo por hectare, nos mesmos dois meses. Com isso chega-se a uma média de  $27,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{mês}$ . Os dados levantados servem de base para se ter uma noção da perda de solo provocado pelo processo erosivo.

No mês de setembro a retirada de solo foi da ordem, de 20 m<sup>3</sup> /ha, com uma precipitação<sup>10</sup> de 278,8 mm. No mês de outubro essa retirada foi de cerca de 35m<sup>3</sup> /ha, com uma precipitação de 84,07 mm.

O fato que ocasionou a maior retirada de material em outubro em relação a setembro, mesmo tendo uma precipitação menor, foi a concentração das chuvas. Enquanto no mês de setembro choveu 12 dias<sup>11</sup>, no mês de outubro choveu apenas 6 dias, tendo, portanto chuvas mais intensas e mais concentradas. Em outubro o processo erosivo já estava instalado, acarretando maior retirada de solo.

### 5.3 COBERTURA VEGETAL

Dia 28 de setembro foi feita amostragem em duas áreas: uma com 15000 m<sup>2</sup> (denominada Zona 9) e outra com 5000 m<sup>2</sup> (denominada Zona 10). Para este levantamento foram selecionados três pontos, aleatoriamente, em cada área. Foi colocado o artefato (quadro de madeira de 1 m<sup>2</sup>), através de arremesso aleatório e verificada cobertura vegetal em porcentagem e número de espécies encontradas. Os resultados obtidos no primeiro levantamento constam o quadro abaixo.

Quadro 4 : Cobertura vegetal área de 15000 m<sup>2</sup>

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Nº espécies	10	10	08
h média (cm)	90	100	90
Cobertura (%)	100	100	100
Espécies	<i>Polygonum hydropiperoides</i> , <i>Polygonum persicaria</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Chronopodium ambrosioides</i> <i>Lepidium pseudodymum</i> ; <i>Spergula avensis</i> ; <i>Schkuhria pinnata</i> ; <i>Paspalum sauriae</i> ; <i>Soliva pterosperma</i> ; <i>Sonchus asper</i> ; 1 espécie não identificada	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Solanum acuelatissimum</i> ; <i>Commelina nudiflora</i> ; <i>Paspalum sauriae</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> ; <i>Gamochaeta americana</i> ; 2 espécies não identificadas	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Polygonum persicaria</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Paspalum sauriae</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Soliva pterosperma</i> ; <i>Sonchus asper</i> ; <i>Solanum acuelatissimum</i> .

<sup>10</sup> Dados da EPAGRI - Urussanga

<sup>11</sup> Segundo informação contida no Diário de Obras de ACorrea

Nesta área levantada observou-se que, durante a segunda quinzena do mês de setembro de 2004 houve um ataque de praga (lagarta *Spodoptera frugiperda*), que reduziu a área foliar da espécie capim gordura (*Melinis minutiflora*). Este fato motivou o aparecimento de muitos pássaros, que foram atraídos pela abundância de alimento, embora isto não tenha sido contemplado pelo levantamento de avifauna, o qual foi feito nos dias 26, 27 e 29/08/04, anterior, portanto, a este aparecimento.

Na área de 5000 m<sup>2</sup>, onde a vegetação foi implantada há menos tempo, não houve ataque das lagartas.

Quadro 5 : Cobertura vegetal área de 5000 m<sup>2</sup>

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Nº espécies	8	9	8
h média (cm)	50	40	50
Cobertura (%)	90	100	100
Espécies	<i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Paspalum sauræ</i> ; <i>Spergula avensis</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> ; <i>Gamochoeta americana</i> ; 2 não identificadas	<i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Soliva pterosperma</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Paspalum sauræ</i> ; <i>Sonchus asper</i> ; <i>Solanum acuelatissimum</i> ; 2 não identificadas	<i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Paspalum sauræ</i> ; <i>Cuphea carthaginensis</i> ; 3 não identificadas.

Dia 26 de outubro foi feito o segundo levantamento da cobertura da vegetação, utilizando-se a mesma metodologia de análise adotada no mês anterior. Os resultados estão nos quadros 6 e 7 abaixo.

Quadro 6: Cobertura vegetal área de 15000 m<sup>2</sup>

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Nº espécies	5	5	5	6	5
h média * (cm)	0.90	1.10	1.00	0.85	0.90
Cobertura (%)	100	100	100	100	100
Espécies	<i>Erechtites valerianaefolia</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Erechtites hieracifolia</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; 1 espécie não identificada.	<i>Senecio brasiliensis</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Erechtites hieracifolia</i> ; 1 espécie não identificada	<i>Erechtites hieracifolia</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; 2 espécies não identificadas.	<i>Solanum americanum</i> ; <i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; 3 espécies não identificadas.	<i>Poligonum hydropiperoides</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> , <i>Erechtites hieracifolia</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; 1 espécie não identificada.

\* observação: A altura de cada espécie está no anexo 'E'

Quadro 7: Cobertura vegetal área de 5000 m<sup>2</sup>

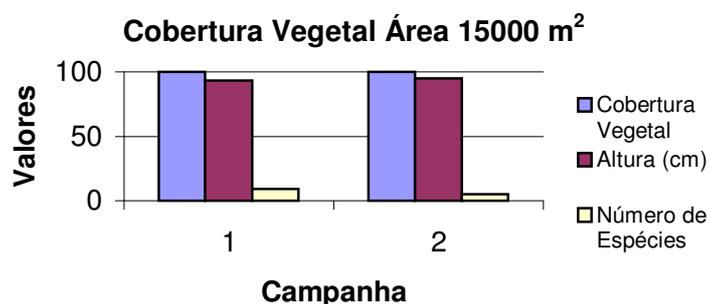
Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Nº espécies	7	7	8	9	9
h média (cm)	0.40	0.60	0.50	0.50	0.40
Cobertura (%)	95	97	100	100	96
Espécies	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Solanum americanum</i> ; 3 espécies não identificadas.	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Paspalum sauræ</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Ageratum conyzoides</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> ; 1 espécie não identificada.	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Solanum americanum</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> ; 3 espécies não identificadas.	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> , <i>Paspalum sauræ</i> ; <i>Senecio brasiliensis</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> , <i>Erechtites hieracifolia</i> ; 3 espécies não identificadas.	<i>Polygonum hydropiperoides</i> ; <i>Melinis minutiflora</i> ; <i>Facelis retusa</i> , <i>Amaranthus lividus</i> ; <i>Erechtites valerianaefolia</i> ; <i>Solanum americanum</i> , <i>Paspalum sauræ</i> ; 2 espécies não identificadas.

Na área de 5000 m<sup>2</sup>, onde a vegetação foi implantada em junho de 2004, ou seja, há 90 dias do primeiro levantamento, houve cobertura do solo de 96,6%, com altura média da vegetação de 46,6 cm. Na área de 15000 m<sup>2</sup>, também no levantamento de setembro/2004, a cobertura foi de 100% nos três pontos analisados. Nesta área a vegetação foi implantada em maio de 2004, há 120 dias do primeiro levantamento. A altura média da vegetação é de 93,3cm.

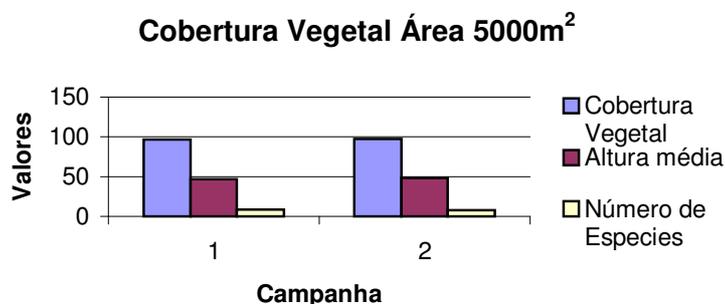
No segundo levantamento, ou seja outubro de 2004, a área de 5000 m<sup>2</sup> apresentou uma cobertura vegetal de 97,6% e uma altura média de 48 cm. A área de 15000 m<sup>2</sup> continuou com cobertura de 100% e altura média de 95 cm.

Houve uma redução do número de espécies na área de 15000 m<sup>2</sup>, e um grande crescimento da espécie *Polygonum hydropiperoides*.

O desempenho deste indicador está representado nas figuras 12 e 13 abaixo:



**Figura 12:** Cobertura Vegetal Área 15000 m<sup>2</sup> (Zona 9)



**Figura 13:** Cobertura Vegetal área 5000 m<sup>2</sup> (Zona 10)

O banco de sementes presente na turfa teve um desempenho significativo. As espécies de gramíneas vindas com a turfa também germinaram bem, porém desapareceram ao longo do período de inverno, dando lugar para exuberante desenvolvimento da espécie pimenta-do-brejo (*Polygonum hydropiperoides*). Das herbáceas introduzidas por sementes: capim gordura, pensacola e brachiaria apenas as duas primeiras germinaram, sendo que o capim gordura se desenvolveu muito bem, proporcionando uma cobertura quase total do solo, antes da emergência da pimenta-do-brejo, o que ocorreu na saída do inverno. A vegetação dominante foi a que veio no banco de sementes da turfa.

## 5.4 FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO

Para esta análise foram selecionadas duas áreas; uma com 5000 m<sup>2</sup>, na Zona 10 e outra com 15000 m<sup>2</sup> na Zona 9. Estas áreas foram escolhidas por já terem vegetação implantada há pelo menos 60 dias da data da coleta da amostra do solo.

Esta análise permitiu que se fizesse uma comparação entre a fertilidade química do solo “*in situ*” (na jazida) e no campo, após a implantação da vegetação. Ambas análises estão anexas.

Esta área recebeu como insumos: 10,5 ton/ha de calcário, 40 m<sup>3</sup>/ha de cama de frango e 250 m<sup>3</sup>/ha de turfa ambiental (de raspagem). O calcário e a cama de frango foram incorporados a 5cm de profundidade, com uso de grade de disco. A turfa, juntamente com as sementes de herbáceas, foi incorporada a 3 cm de profundidade.

As análises do solo realizadas pelo Laboratório Físico Químico e Biológico da CIDASC, demonstraram um aumento de todos os parâmetros de fertilidade analisados.

Os parâmetros que mais variaram foram os de matéria orgânica, que passaram de 1,80 % para 7.7% e 8.4%, respectivamente na Zona 9 e 10; e de pH (CaCl<sub>2</sub>), passando de 3,5 para 5,0 nas duas amostras.

Os demais resultados estão descritos na tabela abaixo.

Tabela 2: Fertilidade Química do Solo

Amostra/ Parâmetro	Jazida (04/04/2001)	Z9 (24/09/04)	Z10 (24/09/04)
PH	4.3	5.6	5.5
Fósforo (ppm)	0.52	24.4	13.3
Potássio (ppm)	80.52	117	95
Matéria Orgânica (%)	1.80	7.7	8.4
Alumínio (cmolc/l)	Não analisado	Ausente	Ausente
Cálcio (cmolc/l)	1.99	9.7	11.7
Magnésio (cmolc/l))	0.33	8.0	7.3
Sódio (ppm)	Não analisado	49	34
pH (CaCl <sub>2</sub> )	3.5	5.0	5.0
CTC (cmolc/l)	Não analisada	24.92	27.43
V%	Não analisada	73.10	70.72

O crescimento percentual de alguns parâmetros está descrito abaixo.

Tabela 3 - Crescimento percentual dos parâmetros de Fertilidade Química

Parâmetro	Zona 9 (%)	Zona 10 (%)
pH	30,23	27,9
P	4592	2457
K	45	17,98
MO	327	366

Os resultados demonstram um aumento em todos os parâmetros, principalmente nos itens matéria orgânica (1,80% na amostra da jazida, para 7,7% na Zona 9 e 8,4% na Zona 10) e pH (de 4,3 da jazida para 5,6 e 5,5, nas Zonas 9 e 10, respectivamente). Os demais parâmetros passaram de “baixo” e “insuficiente” para “suficiente” ou “alto”.

Isto demonstra que os insumos utilizados nas áreas analisadas melhoraram a fertilidade química ao solo, suficiente para o desenvolvimento da vegetação.

Os índices de matéria orgânica estão relativamente altos, pois repercutem ainda a colocação de turfa e cama de galinha há pouco tempo, não tendo tempo suficiente para sua degradação/mineralização e posterior absorção pelas plantas.

O pH, que teve boa variação, subindo de 4,3 para 5,5 e 5,6 na Zona 10 e 9 respectivamente, ainda poderá subir, pois a coleta de solo foi feita há apenas 120 dias da colocação de calcário. Este fator também poderá elevar ou tornar disponíveis outros elementos, com o P, K, Ca, Mg. Outro aspecto a ser considerado é que o calcário foi incorporado a 5cm de profundidade, porém a coleta do solo foi feita na camada de 0-20cm, e com isso pode ter sido amostrada uma faixa sem presença, ainda, do calcário. Este é mais um fator que poderá determinar a elevação do pH, com o passar do tempo.

A CTC alta (24,92 cmolc/l e 27,43 cmolc/l nas Zonas 9 e 10 , respectivamente), dá um indicativo de que a absorção dos nutrientes pelas plantas será eficiente. O solo tem ainda uma boa margem para receber aporte de nutrientes, tornado-os disponíveis para as plantas.

## 5.5 RECURSOS HÍDRICOS

O levantamento de dados sobre os Recursos Hídricos foi feito obtendo-se os dados do Monitoramento do Campo MII Leste realizado pelo IPAT , como parte integrante dos trabalhos de recuperação ambiental da CSN.

Dentre os dados coletados foram selecionados cinco parâmetros considerados mais importantes para analisar a situação das águas superficiais, na fase inicial dos trabalhos de recuperação ambiental. Os parâmetros selecionados foram: pH, acidez, Al, Fe Total e Manganês. Os locais de coleta de dados para as águas superficiais foram três Lagoas, denominadas Lagoa C, Lagoa E, e Lagoa G próximas às quais foram desenvolvidos trabalhos de recuperação ambiental e onde foram feitos os demais levantamentos para este Trabalho.

Os dados levantados estão representados nas tabelas abaixo.

Tabela 4: Parâmetros Químicos Lagoa E

<i>Parâmetro / Campanha</i>	<i>1<sup>a</sup></i>	<i>2<sup>a</sup></i>	<i>3<sup>a</sup></i>	<i>4<sup>a</sup></i>	<i>5<sup>a</sup></i>	<i>6<sup>a</sup></i>
pH	3,1	3,1	3,0	3,1	3,3	3,8
Acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	205	201	259	221	67	67
Al (mg/L)	18,5	22,9	30,1	24,0	-	5,9
Fe (mg/L)	2,75	3,53	5,3	2,68	0,67	0,36
Manganês (mg/L)	7,0	6,90	5,40	6,60	2,90	4,16

Tabela 5: Parâmetros Químicos Lagoa C

Parâmetro / Campanha	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
pH	2,9	2,7	2,8	2,8	3,0	3,4
Acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	302	365	398	344	163	105
Al (mg/L)	25,3	33,1	36,2	31,6	-	9,5
Fe (mg/L)	6,4	0,5	13,1	11,40	2,56	0,73
Mn (mg/L)	6,70	5,60	6,10	6,60	2,90	4,16

Tabela 6: Parâmetros Químicos Lagoa G

Parâmetro	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
pH	6.5	6.3	6.6	6.5	4.5	4.6
Acidez (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	26.0	3.0	5.0	3.0	10,0	30,0
Al (mg/L)	<0.1	23	<0.1	<0.1	-	3.5
Fe (mg/L)	0,08	3,55	0,11	0,18	0,12	0,09
Mn (mg/L)	0,18	7,0	0,04	0,17	1,30	4,66

Os dados referentes às águas superficiais geraram os gráficos abaixo, os quais nos permitirão analisar o comportamento da dessas águas, frente aos trabalhos de recuperação ambiental.

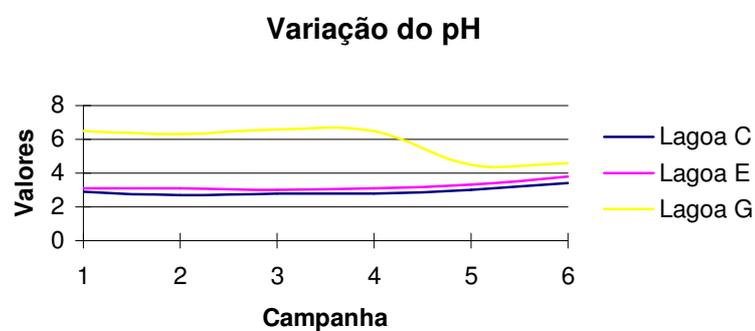
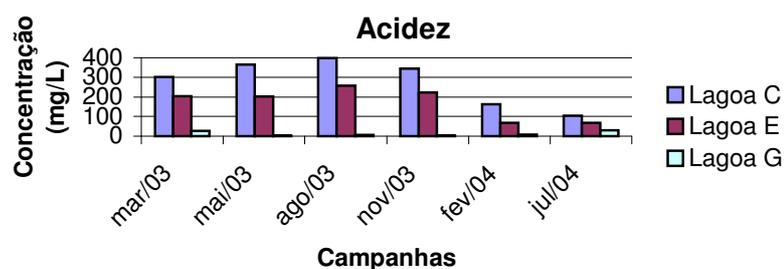


Figura 14: Variação do pH nas Lagoas C,E e G

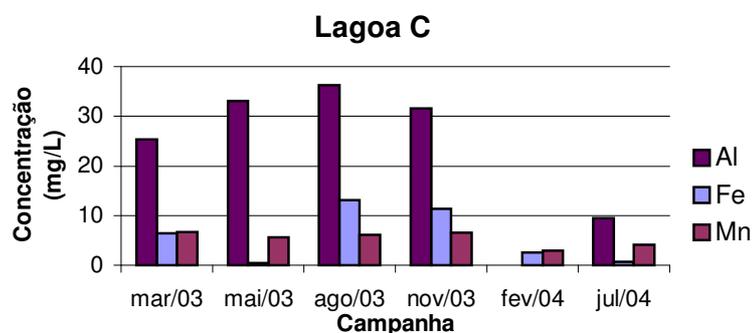
O gráfico abaixo mostra como variou a acidez ao longo das seis campanhas do monitoramento.



**Figura 15:** Variação da acidez nas Lagoas C, E, e G

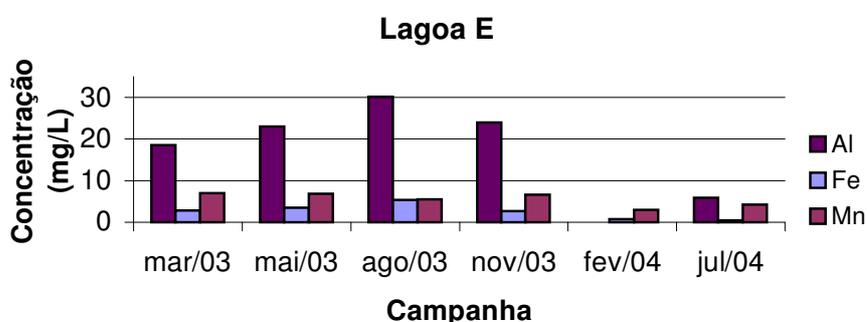
A Acidez das Lagoas C e E teve um comportamento diferente da Lagoa G. A queda da acidez nas últimas três campanhas demonstra uma melhora na qualidade da água, à medida que os trabalhos de recuperação estão avançando. Já na Lagoa G houve movimentação de rejeitos às suas margens no intervalo entre a quarta e quinta campanhas, prejudicando o equilíbrio existente no local.

As Figuras 14, 15 e 16 abaixo, mostram o comportamento da água das Lagoas C, E e G, respectivamente, com uma breve análise sobre a variação dos parâmetros Al, Fe e Mn, ao longo dos trabalhos de recuperação ambiental na Malha II Leste.



**Figura 16:** Parâmetros Químicos Lagoa C

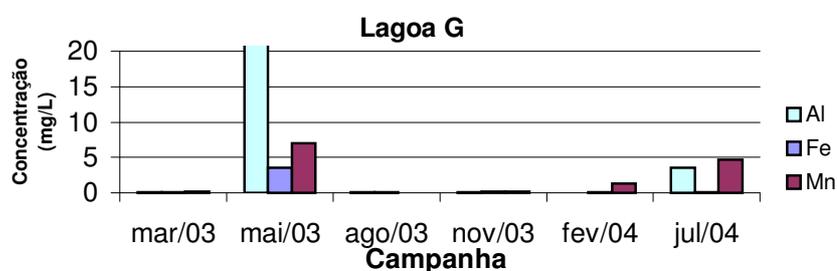
A Lagoa C recebeu tratamento com calcário granulado na época da realização da 5ª campanha, refletindo, portanto, também nos resultados da 6ª campanha. Vê-se uma redução significativa nos parâmetros acidez, Al, e Fe e uma pequena elevação no pH. O Mn baixou na 5ª campanha e voltou a subir um pouco na 6ª, porém em níveis menores do que nas campanhas anteriores. A qualidade da água da lagoa C não sofreu interferência direta das operações de terraplanagem que foram feitas às suas margens, durante o ano de 2004.



**Figura 17:** Parâmetros Químicos Lagoa E

A Lagoa E teve um comportamento semelhante à Lagoa C, no que se refere aos parâmetros acidez, Fe, e Al e Mn. O pH teve uma elevação discreta. Porém o tratamento com calcário granulado, com diâmetro abaixo de 1", foi feito na época da 1ª campanha em diante. A melhora na qualidade das águas não acompanhou o tratamento, uma vez que a melhora se deu na 5ª e 6ª campanha. O reflexo do uso de calcário granulado não foi imediato, uma vez que a adição desse tipo de material tem por objetivo fornecer alcalinidade ao longo do tempo, devido à sua granulometria. Os trabalhos de terraplanagem nas margens desta Lagoa, foram realizados durante todo o ano de 2003 e primeiro semestre de 2004. Como agravante para a qualidade das águas desta Lagoa está a entrada de água pluvial contaminada por depósito de rejeito de

carvão, localizado às margens da Lagoa E, fora da área do o Projeto de recuperação Ambiental da MII Leste e pertencente à Carbonífera Belluno.



**Figura 18:** Parâmetros Químicos Lagoa G

A Lagoa G é a que tem a melhor qualidade de água da área do projeto, tendo inclusive a presença de peixes e servindo de local de banho para os moradores do entorno. Houve um decréscimo da qualidade de suas águas no primeiro semestre de 2004, ou seja na 5ª e 6ª campanhas. Este fato é explicado pelas operações realizadas nas suas margens, como retirada de rejeito e terraplanagem. Espera-se um retorno à situação de qualidade anterior, ou mesmo uma melhora, na medida em que as obras no seu entorno foram terminando e a vegetação se instale. Com isso cessará, também, a contribuição de poluentes para dentro desta Lagoa.

## 5.6 FAUNA

Notou-se uma maior diversidade no remanescente 3, ou seja, Zona 18, dando um maior suporte para a avifauna dos três remanescentes estudados.

Na Zona 9 com área remodelada, onde já se encontra uma porção revegetada, com gramíneas, é observado lentamente o retorno da avifauna, tendo como primeira espécie a habitar a área o quero-quero (*Vanellus chilensis*), espécie esta com hábitos insetívoros onde se

aproveita de insetos que estão presentes na cama de aviário utilizada com adubo para revegetação. Outras espécies com hábitos granívoros como a juriti-papu (*Leptotila verreauxi*) e onívoros como a coruja-buraqueira (*Speotilo cuniularia*), também foram observadas, dando início, assim, a uma cadeia alimentar que será enriquecida com o desenvolvimento do ambiente no decorrer do período de reabilitação da área.

Por meio de vestígios indiretos como pegadas e fezes foram identificadas espécies do grupo de mamíferos que utilizam o local para a busca de alimentação e abrigo. Foram observados diversos caminhos trilhados por capivaras (*Hydrocaeris hydrocaeris*), principalmente nas bordas de todas as lagoas e também, em menor número, no interior das áreas abertas. Segundo informação de trabalhadores da Empresa que realiza a obra, existe um grupo de onze ou doze indivíduos entre adultos e filhotes, havendo registros que este grupo já está se alimentando nas porções revegetadas.

Além desta espécie ainda foram encontrados registros de mão-pelada (*Dasypodidae*) por meio de tocas deixadas ao longo da área.

As tabelas abaixo indicam o levantamento das espécies de aves observadas ou relatadas, nos três remanescentes em que foi feito o levantamento de fauna.

Tabela 7: Aves observadas/ relatadas na Zona 16

	<i>Espécie</i>	<i>Quantidade</i>
Rolinha roxa	<i>Columbina talpacoti</i>	2
Beija-flor	<i>Leucochloris albicollis</i>	1
Pica-pau-do-campo	<i>Colaptes campestris</i>	2
Arapaçu-verde	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	1
João-teneném	<i>Synallaxis spixi</i>	1
Choca-da-mata	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	1
Suiriri	<i>Tyrannus melancholicus</i>	1
Bem-te-vi	<i>Pitangussulphuratus</i>	1
Tororó	<i>Toridostrum plumbeiceps</i>	1
Corruíra	<i>Troglodytes aedon</i>	1
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>	1
Mariquita	<i>Palula pitayumi</i>	2
Pia-cobra	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	1
Pula-pula-assobiador	<i>Basileuterus leucoblepharus</i>	1
Cambacica	<i>Coereba flaveola</i>	1
Canário-da-terra-verdadeiro	<i>Tangara cyanocephala</i>	4
Saira-militar	<i>Sporophila caerulescens</i>	4
Coleirinho	<i>Sicalis flaveola</i>	1

Tabela 8: Aves observadas/ relatadas na Zona 9

	<i>Espécie</i>	<i>Quantidade</i>
Saracura do mato	<i>Aramides saracura</i>	1
Rolinha	<i>Columbina talpacoti</i>	2
Beija-flor-de-papo-branco	<i>Leucochloris albicollis</i>	1
Pica-pau-do-campo	<i>Colaptes campestris</i>	1
Arapaçu-verde	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	1
João-teneném	<i>Sinallaxis spixi</i>	1
Choca-da-mata	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	1
Siriri	<i>Tyrannus melancholicus</i>	2
Bentevi	<i>Pitangus sulphuratus</i>	2
Tororó	<i>Toridostrum plumbeiceps</i>	1
Corruíra	<i>Troglodytes aedon</i>	1
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>	1
Mariquita	<i>Parula pitiayumi</i>	2
Pia-cobra	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	1
Pula-pula associador	<i>Basileuterus leucoblepharus</i>	1
Cambacica	<i>Coereba flaveola</i>	1
Saira-militar	<i>Tangara cyanocephala</i>	4
Coleirinho	<i>Sporophila caerulescens</i>	2
Canário-da-terra verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i>	3
Tico-tico	<i>Zonotrichia capensis</i>	2

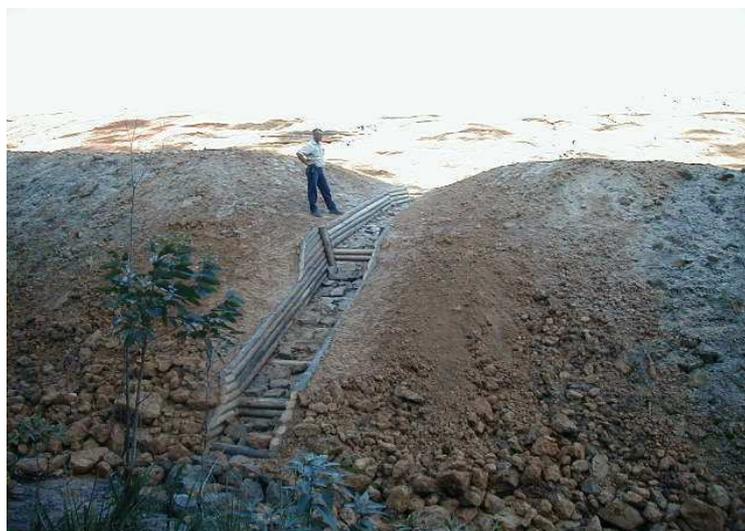
Tabela 9: Aves observadas/ relatadas na Zona 18

	<i>Espécie</i>	<i>Quantidade</i>
Urubu cabeça preta	<i>Coragypus atratus</i>	2
Carapateiro	<i>Mivalgo chimachima</i>	1
Rolinha roxa	<i>Columbina talpacoti</i>	2
Picui	<i>Columbina picui</i>	2
Juriti-papu	<i>Leptotila verreauxi</i>	1
Anu preto	<i>Crotophaga ani</i>	2
Anu branco	<i>Guira guira</i>	5
Coruja-buraqueira	<i>Speotylo cunicularia</i>	2
Beija-flor-de-papo-branco	<i>Leucochloris albicollis</i>	1
Martin pescador	<i>Ceryle torquata</i>	1
Arapaçu verde	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	2
João-de-barro	<i>Furnaris rufus</i>	2
Pichororé	<i>Synallaxis ruficapilla</i>	1
João-teneném	<i>Synallaxis spixi</i>	3
Choca da mata	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	3
Suiriri	<i>Tyrannus melancholicus</i>	1
Bentevi	<i>Pitangus sulphuratus</i>	2
Tororó	<i>Toridostrum plumbeiceps</i>	1
Andornha pequena	<i>Notiochelidon cyanooleuca</i>	8
Corruíra	<i>Troglodytes aedon</i>	2
Sabiá-laranjeira	<i>Turdus rufiventris</i>	1
Juruviara	<i>Vireo olivaceus</i>	1
Chopim	<i>Gnorimopsar chopi</i>	2
Mariquita	<i>Parula pitiayumi</i>	2
Pia-cobra	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	3
Pula-pula associador	<i>Basileuterus leucoblepharus</i>	2
Cambacica	<i>Coereba flaveola</i>	2
Sanhaçu	<i>Thraupis sayaca</i>	4
Tié preto	<i>Tachyphonus coronatus</i>	2
Coleirinho	<i>Sporophila caerulescens</i>	2
Canário-da-terra-verdadeiro	<i>Sicalis flaveola</i>	8
Tico-tico	<i>Zonotrichia capensis</i>	5

## 5.7 ESTABILIDADE DOS TALUDES

Os taludes foram executados de maneira a desviar as águas das encostas, através de terraplanagem em cota negativa<sup>12</sup>, não permitindo a descida da água pluvial diretamente pela encosta dos taludes. Desta maneira as águas foram direcionadas para pontos bem definidos, onde foram construídas escadarias.

Estas escadarias seguiram projeto de construção com uso de materiais alternativos, que possam ser incorporados à vegetação. Decorridos alguns anos esses materiais se desintegrarão, no momento que a vegetação estará instalada, não permitindo mais a atuação dos processos erosivos. Esta tecnologia foi desenvolvida pela Empresa *Vertical Green*, e vem sendo muito utilizada na Itália e outros países da Europa.



**Figura 19:** Escadaria com uso de materiais alternativos e degradáveis como varas de eucalipto, manta e seixos rolados, que se integrarão à paisagem. Malha II Leste, Siderópolis, em agosto de 2004. Fonte: Acervo da CSN

---

<sup>12</sup> Cota Negativa – termo usado em geotecnia para identificar inclinação do terreno em direção oposta a encosta do talude, usada para desviar as águas das encostas do talude, evitando instalação do processo erosivo.

A vegetação dos taludes foi feita com mudas de gramíneas, para acelerar a cobertura vegetal. Também foi colocado calcário, cama de galinha, turfa e semeado gramíneas. Esta metodologia de revegetação se mostrou eficiente, na medida em que permitiu um povoamento rápido da superfície dos taludes, impedindo o desenvolvimento de processos erosivos.

A adoção destas medidas conjugadas: escadarias e revegetação rápida, permitiram preservar os taludes dos processos erosivos ou escorregamentos.

## **5.8 EROSÃO POR SULCOS OU RAVINAS**

Para este estudo foi selecionada uma área de 5000 m<sup>2</sup>, no local denominado Zona 10 e onde a vegetação está implantada há 90 dias do levantamento, mas não totalmente consolidada. A declividade média desta área é de 10%.

Os dados levantados demonstraram a concentração de sulcos em duas áreas: uma com superfície convexa, onde há maior concentração de água, e outra mais plana, com menor concentração de água. A área de estudo recebe águas de montante, representada pela Zona 9 numa extensão de 2ha.

Na área com superfície convexa destaca-se um sulco, com profundidade média de 30cm, largura de 64 cm, atravessando toda a área do levantamento, com mais de 20 m de comprimento. Os demais sulcos da área convexa têm profundidade média de 15cm e largura média de 25 cm. Todos os sulcos prosseguem após sair da área de estudo, até desaguar na escadaria que dá acesso à Lagoa E. A frequência é de um sulco a cada 4m.

Na segunda área, com convexidade menor, aparecem três sulcos, com profundidade média de 6cm e largura média de 27 cm. Nesta área a frequência é de um sulco a

cada 10m. Os sulcos prosseguem após atravessar a área de estudo, ate desaguar na escadaria da Lagoa E.

O croqui deste levantamento está no Anexo D.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Recuperação de Área Degradada por mineração de carvão a céu aberto é um processo e com tal é composto de várias etapas. A conformação topográfica é uma das que apresenta maiores dificuldades de execução, devido ao grande volume de material a ser movimentado e ao tipo de substrato rochoso que compõe as pilhas de estéreis. Os trabalhos executados na Malha II Leste comprovaram, entretanto, ser esta uma operação tecnicamente exequível. Cabe ressaltar que, se no momento da exploração fossem respeitados os critérios de remoção das diferentes camadas, o custo do processo de recuperação seria menor.

A formação do solo também é um processo, só que em escala geológica, o qual passa por várias etapas até estar apto para receber a vegetação. O que se tentou fazer na Malha II Leste foi acelerar este processo natural de recuperação do solo. Talvez devamos considerar o solo reconstruído, ainda como um substrato, porém com capacidade de selar a pilha de estéreis, receber uma cobertura vegetal, iniciando o processo de retorno da fauna. A fertilidade química demonstra sua capacidade de desenvolver a vegetação, pelo menos inicialmente, ou até que se estabeleça um equilíbrio dinâmico. Uma vez estabelecido o equilíbrio dinâmico, ou homeostase, o próprio ambiente vai regular seu mecanismo de crescimento, morte e decomposição dos indivíduos, dando continuidade à ciclagem dos nutrientes.

A sucessão ecológica é verificada através da transição da vegetação de ciclo verão–inverno–verão.

Uma demonstração de equilíbrio dinâmico é interação vegetal–lagarta–pássaro. O fato de haver uma diversidade de vegetação não permitiu sua devastação quando do ataque de lagarta, visto que apenas uma espécie foi atacada (*Melinis minutiflora*), e as demais espécies podem ter sido beneficiadas com isso, uma vez que houve menor competição interespecies, e um aumento da luminosidade, sendo este um fator ambiental importante quando se fala de competição interespecies. Outro fator do equilíbrio dinâmico foi o aparecimento da fauna, especialmente a *Notiochelidon cyanoleuca*, o *Vanellus chilensis* e o *Pitangus sulphuratus*, que foram atraídos pela abundância de alimento. Outro fator de interação vegetação–animal, que indiretamente ocorrerá, é o da dispersão de sementes pelas aves, que trarão novas espécies de plantas para colonização da área.

A vegetação implantada teve um poder de cobertura do solo eficiente, tanto pela rapidez de cobertura quanto pela diversidade de espécies. Apesar deste sucesso inicial é importante o monitoramento desta vegetação para verificar se haverá transição das espécies de banhado, vindas no banco de sementes da turfa, para as de áreas secas, representadas pelas herbáceas semeadas a lanço. Neste estágio se observará também a capacidade de ressurgência das espécies semeadas. Vale lembrar que em outra área, fora da área do Projeto, onde foi utilizada unicamente turfa, as espécies trazidas com a turfa, têm seu ciclo renovado, após quatro anos de implantação. Este acompanhamento poderá ser objeto de novos trabalhos dentro da área do Projeto, pois há necessidade de se verificar o comportamento da vegetação instalada, ao longo do tempo.

Para se testar o poder germinativo das espécies semeadas, fez-se um canteiro experimental no mês de junho, o qual demonstrou que *Paspalum sauriae* e *Melinis minutiflora* germinaram bem e a *Brachiaria humidicola* não germinou. Outro canteiro experimental foi feito em outubro, só que desta vez para testar o poder da *Brachiaria humidicola*, a qual não havia germinado no inverno. Neste experimento houve germinação. Isto pode demonstrar que

a semeadura da *Brachiaria* na área de estudo tenha sido feita em época inadequada e é necessário observar sua capacidade de germinar depois de decorrido um período de dormência, ocorrido durante o inverno. Acredita-se que as sementes estejam latentes, esperando as condições ideais para o desenvolvimento.

A *Mimosa scrabella* não se desenvolveu bem na área estudada. Este comportamento não é homogêneo em todas as áreas do Projeto. Em locais em que foi plantada no verão e outono, o desenvolvimento foi maior do que nas áreas em que foi plantada no inverno. Isto se deve ao fato de que, plantada no verão, ela consegue crescer rapidamente, diminuindo a competição com as gramíneas. No inverno, ao contrário, não tem um crescimento inicial rápido, oposto ao das gramíneas. Com isso acaba aumentando a competição e retardando ainda mais o seu crescimento. É necessário um monitoramento prolongado para verificar seu comportamento durante os meses de verão e a possível troca de espécie de gramíneas na mudança de estação.

O cronograma executivo precisa ser adequado às operações desenvolvidas. A implantação da vegetação deverá ser feita imediatamente após o recobrimento dos estéreis com argila. Isto evitará que se instale o processo erosivo ou, pelo menos, reduzirá seu impacto, diminuindo a perda de solo e os custos operacionais. A introdução de *Mimosa scrabella* deverá ser feita preferencialmente nos meses mais quentes e concomitante a semeadura de herbáceas e ao espalhamento da turfa. A vegetação das margens da estrada deverá ser feita antes da construção das canaletas, evitando seu assoreamento e entupimento, devido ao carreamento do solo pela água da chuva.

A análise dos trabalhos iniciais indica que os resultados esperados deverão ser alcançados no final dos trabalhos de recuperação ambiental. Os indicadores ambientais analisados demonstram esta tendência. Deve ser levado em consideração, no entanto, o monitoramento do comportamento da área em estudo no longo prazo, a fim de ver

comprovado a tendência mencionada acima. Como observação deve-se considerar, também, a adequação do cronograma executivo, aumentando, com isso, sua eficiência.

Algumas obras auxiliares precisaram ser feitas para conter o processo erosivo, como a construção de escadarias nos locais de concentração de água pluvial, construção de dreno cego para minimizar os efeitos da erosão e a adoção de terraceamento, através da locação de curvas de nível, para diminuir a velocidade do escoamento superficial.

Os indicadores ambientais analisados foram suficientes para atender aos objetivos propostos para este Trabalho.

a) As arbóreas do Cordão Vivo estão se desenvolvendo bem, proporcionando, certamente, o recobrimento do solo com atração da fauna que se alimentará de seus frutos;

b) *Mimosa scabrella* - único indicador analisado que apresentou desempenho decrescente. Precisa ser monitorada no longo prazo para verificação se esta característica se manterá. A provável causa do seu baixo desenvolvimento deve ter sido a época de semeadura. Esta foi feita no inverno, época em que seu crescimento é reduzido. Ao contrário, a vegetação herbácea se desenvolveu bem neste período, sufocando as plântulas de bracatinga. Em outra área, fora da área do Projeto, local onde as bracatingas foram plantadas no mês de março, encontramos indivíduos com cerca de 1,5m de altura, 210 dias após seu plantio.

c) Erosão Laminar – O processo erosivo se instalou enquanto a vegetação não estava consolidada. Este processo tenderá a desaparecer com a instalação da vegetação, conforme ocorreu em área com vegetação implantada e bem desenvolvida.

d) A Cobertura Vegetal demonstrou ser eficiente e proporcionou rápida cobertura do solo. Mesmo assim necessita ser monitorado ao longo do tempo, mesmo após a conclusão dos trabalhos de recuperação ambiental.

e) A Fertilidade Química do Solo foi o indicador que apresentou o melhor desempenho. Proporcionou condições para que a vegetação desse um “arranque” inicial, fazendo uma cobertura rápida do solo.

f) Recursos Hídricos - O tratamento com calcário granulado feito nas Lagoas ‘C’ e ‘E’, foi suficiente para impedir a piora na qualidade água durante as operações desenvolvidas às suas margens. A qualidade dessas Lagoas deverá melhorar no momento em que cessar o aporte de contaminantes vindos das áreas em recuperação e quando não tiver mais contribuição das águas vindas do depósito de rejeitos à montante da Lagoa E, pertencente à Carbonífera Belluno. A exceção foi a Lagoa G, na qual houve uma piora na qualidade da água durante as duas últimas campanhas. Porém isto é perfeitamente explicado pelo fato de se desenvolver atividades dentro da Lagoa. A tendência é que haja uma melhora na qualidade da água dessa, com o passar do tempo.

g) A Fauna encontrou um habitat na área que está sendo recuperada. A tendência é o aumento da diversidade e da quantidade à medida que aumente as áreas de vegetação e a disponibilidade de alimento e abrigo.

h) Os Taludes mostraram-se estáveis graças às obras de engenharia realizadas. Citam-se: a conformação em cota negativa retirando-se as águas que fluíam para as encostas dos taludes e direcionando-as para as escadarias; a revegetação dos taludes com mudas de gramíneas, acelerando o processo de cobertura do solo; a construção de escadarias nos pontos de concentração de água pluvial.

i) A Erosão em Sulcos se restringiu às áreas sem vegetação ou com vegetação ainda não consolidadas e locais com relevo de forma convexa, com conseqüente acúmulo de água. Este tipo de erosão deverá desaparecer com o desenvolvimento da vegetação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, Nadja Zim *et al.* **Fontes de Poluição no Município de Criciúma, SC.** Porto Alegre: CPRM, 1995. 56p.
- ALMEIDA, D.S. **Recuperação Ambiental da Mata Atlântica.** Ilhéus: Editus, 2000. 130p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10703/89 - **Degradação do Solo. Terminologia** . Rio de JANEIRO, 1989. p. 183 – 196.
- BACK, Marcos. **Relações Entre Infiltração, Escoamento Superficial e Erosão.** Criciúma: UFSC/UNESC, 1999, 82 p.
- BID. **Melhorias na Gestão Ambiental e na Qualidade da Água em Operação de Mineração de Carvão em Santa Catarina, Brasil- Relatório Final.** Florianópolis:SDM. 2003. p. 1.
- CAMPELLO, Eduardo F.C. **Sucessão Vegetal na Recuperação de Área Degradadas.** In: DIAS, L.E. e MELLO, J.W.V. (eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1998. 251p.
- CAMPELLO, Eduardo F.C. **O Papel de Leguminosas Arbóreas Nodulares e Micorrizadas na Recuperação de Áreas Degradadas.** In: **Recuperação de Áreas Degradadas. III Curso de Atualização.** Curitiba, UFPR, 1996. p.9 – 14.
- CARVALHO, Carlos Gomes de. **Legislação Ambiental Brasileira. Lei 6978/81.** São Paulo: LED. 1999. p. 59 – 69.
- DUBOIS, Jean C. L. **Curso: Recuperação de áreas Degradadas.** V.II. Curitiba:UFPR. 1993.
- RAMALHO FILHO, A. BEEK, K.J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1995. p . 32 - 37.
- GLUFKE, Clarice. **Espécies Florestais Recomendadas para Recuperação de Áreas Degradadas.** Porto Alegre: FZB Jardim Botânico, 1999. 48 p.
- GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação.** São Paulo: EDGAR BLÜCHER, 1983. 195p.
- IBAMA . **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: técnicas de revegetação.** Brasília: IBAMA, 1996. 96p.

- LORENZI, Harri. **Plantas Daninhas do Brasil- terrestre, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa, SP: H. LORENZI, 1982. 426 p.
- MARTINELLO, Clair Maria. **Avaliação Microbiológica e Físico Química de Lagoas Ácidas na Área de Mineração de Carvão a Céu Aberto**. (Dissertação de Mestrado) Porto Alegre: UFRGS, 1998. 88p.
- MELLO, Francisco de Assis Ferraz, de *et al.* **Fertilidade do Solo**. São Paulo: NOBEL, 1983. 400p.
- ODUM Eugene P. **Ecologia**. Tradução de Christopher J. Tribbe. Rio de Janeiro: GUANABARA HOOGAN S/A, 1988, 422 p.
- OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira. **Processos Erosivos e Preservação de áreas de risco de Erosão por Voçorocas**. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org). **Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1999. p. 57-94.
- ROEHRING, Jackson; SINGER, Eugenio M. **Técnicas de Remediação de Sítios Contaminados**. Revista Saneamento Ambiental. n 37. p 37.
- ROSSO, Pedro. **Influência da Degradação Ambiental pela Mineração de Carvão no Agravamento do Processo Saúde/Doença da População de Criciúma, SC**. (Monografia de Pós Graduação). Criciúma: UNESC, 1999. 126p.
- SANCHEZ, Luis Enrique. **Recuperação de Áreas Degradadas na Mineração**. (Apostila. Disciplina: Recuperação de Áreas Degradadas). São Paulo: USP, 2000. 10 p.
- SANTO, E. L. **Determinação de Indicadores de Impactos Ambientais Cumulativos Decorrentes da Mineração de Areia no Vale do Paraíba Através de Geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral): POLI-USP. São Paulo, 2000. 144p.
- SANTOS, Robson. **Reabilitação de Ecossistemas Degradados pela Mineração de Carvão a Céu Aberto em Santa Catarina, Brasil**. (Tese de Doutorado). São Paulo: USP. 2003. 115p.
- SIESESC. **Os Ciclos do Carvão na Região Carbonífera de Santa Catarina**, disponível em <http://www.siecesc.com.br/historico/default.htm> , acessado em 04/08/04
- SILVA, Antônio Soares da. **Análise Morfológica dos Solos e Erosão**. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org). **Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1999. p. 101-124.
- VOLPATO, Terezinha Gascho. **A Pirita Humana – Os mineiros de Criciúma**. Florianópolis: UFSC, 1984. 106p.
- ZIMMERMAN, D.G. TREBIEN, D.O.P. **Solos Construídos em Áreas Mineradas como Fundamento para Recuperar o Ambiente**. Revista Tecnologia e Ambiente. Criciúma. v.7, n.1. p. 61-103. 2001.

## ANEXO A – TABELA DE CRESCIMENTO ARBÓREAS CORDÃO VIVO

Nº	h(cm)			Espécie	Observações		
	26/08	28/09	26/10		26/08	28/09	26/10
001	58,5	67,0	74,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	3 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
002	54,0	55,0	60,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
003	43,0	49,0	55,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
004	43,0	43,0	-	<i>Luehea divaricata</i>	S/ folhas	S/folhas	Morta
005	53,0	54,0	65,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
006	53,0	56,0	57,0	<i>Luehea divaricata</i>	Folhas secas	Brotação nova	Brotação nova
007	63,0	64,0	70,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
008	55,0	59,0	70,0	<i>Luehea divaricata</i>	Folhas secas.	Brotação nova	Brotação nova
009	63,0	64,0	66,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
010	36,0	36,0	44,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
011	36,0	36,0	40,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
012	74,0	78,0	81,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
013	47,0	50,0	56,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
014	79,0	82,0	1,00	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
015	44,0	-	-	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Morta(erosão)
016	76,0	-	-	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Morta (erosão)	Morta(erosão)
017	57,0	63,0	-	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Morta(erosão)
018	66,0	75,0	77,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
019	50,0	55,0	65,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
020	63,0	67,0	72,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
021	40,0	42,0	48,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ folhas	Brotação nova	Brotação nova
022	69,0	73,0	76,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
023	53,0	58,0	60,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
024	72,0	82,0	88,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
025	56,0	60,0	64,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
026	36,0	36,0	42,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
027	74,0	75,0	83,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
028	64,0	69,0	73,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
029	38,0	38,0	43,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
030	65,0	65,0	70,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
031	57,0	70,0	76,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
032	58,0	59,0	60,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
033	78,0	89,0	96,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
034	50,0	54,0	58,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
035	63,0	68,0	68,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
036	68,0	69,0	80,0	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
037	72,0	73,0	94,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
038	52,0	57,0	64,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
039	40,0	40,0	45,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ folhas	Brotação nova	Brotação nova
040	78,0	79,0	88,0	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
041	77,0	80,0	86,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova

042	68,0	70,0	75,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
043	98,0	100,0	103,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
044	76,0	80,0	88,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
045	49,0	52,0	54,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
046	-	-	-	<i>Senna multijuga</i>	Morta	Morta	Morta
047	100,0	100,0	114,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
048	75,0	90,0	105,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
049	44,0	50,0	62,0	<i>Luehea divaricata</i>	Folhas secas	Brotação nova	Brotação nova
050	62,0	65,0	73,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação	Brotação nova	Brotação nova
051	82,0	82,0	99,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
052	43,0	50,0	60,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
053	76,0	84,0	90,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
054	63,0	-	-	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Morta	Morta
055	107,0	110,0	120,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
056	43,0	50,0	55,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
057	57,0	57,0	60,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
058	47,0	47,0	-	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Morta (erosão)
059	70,0	70,0	70,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	7 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
060	48,0	48,0	48,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
061	55,0	63,0	79,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
062	37,0	38,0	41,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
063	77,0	80,0	87,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
064	50,0	52,0	52,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
065	71,0	76,0	83,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	1 folha nova	Brotação nova	Brotação nova
066	54,0	60,0	62,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
067	55,0	60,0	68,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
068	45,0	53,0	65,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
069	93,0	93,0	98,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	3 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
070	64,0	64,0	64,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
071	58,0	60,0	70,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
072	48,0	50,0	55,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
073	63,0	63,0	68,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
074	51,0	54,0	56,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
075	57,0	60,0	64,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	4 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
076	45,0	50,0	57,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
077	50,0	51,0	51,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
078	86,0	96,0	99,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
079	84,0	100,0	104,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
080	58,0	64,0	70,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
081	100,0	50,0	60,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	1 folha nova	Brotação nova (ponta quebrada)	Brotação nova
082	45,0	52,0	55,0	<i>Senna multijuga</i>	1 folha nova	Brotação nova	Brotação nova
083	20,0	25,0	30,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação	Brotação nova	Brotação nova
084	74,0	90,0	98,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
085	74,0	80,0	90,0	<i>Cytherexillum myrianthum</i>	Brotação	Brotação nova	Brotação nova
086	45,0	55,0	63,0	<i>Luehea divaricata</i>	Folhas secas	Brotação nova	Brotação nova
087	45,0	58,0	59,0	<i>Senna multijuga</i>	2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
088	58,0	60,0	64,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
089	45,0	54,0	60,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
090	55,0	65,0	66,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
091	46,0	52,0	62,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
092	53,0	62,0	74,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
093	48,0	54,0	68,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
094	55,0	67,0	76,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova

095	60,0	68,0	72,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
096	55,0	64,0	66,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
097	48,0	38,0	43,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova (ponta quebrada)	Brotação nova
098	40,0	50,0	68,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	20 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
099	54,0	55,0	72,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
100	58,0	60,0	78,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
101	43,0	50,0	57,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
102	80,0	82,0	84,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
103	68,0	73,0	77,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
104	60,0	63,0	68,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
105	84,0	90,0	93,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
106	51,0	58,0	58,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
107	81,0	15,0	20,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova (ponta quebrada)	Brotação nova
108	37,0	45,0	55,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
109	82,0	85,0	87,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
110	51,0	52,0	55,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação- folhas secas	Brotação nova	Brotação nova
111	670,0	72,0	74,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
112	42,0	48,0	50,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
113	90,0	92,0	100,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
114	65,0	65,0	70,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
115	70,0	73,0	74,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
116	29,0	35,0	40,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
117	62,0	70,0	73,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
118	62,0	62,0	62,0	<i>Luehea divaricata</i>	6 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
119	73,0	75,0	76,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
120	45,0	50,0	57,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
121	50,0	52,0	55,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
122	54,0	54,0	60,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação 2 folhas novas	Brotação nova	Brotação nova
123	74,0	75,0	85,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
124	13,0	13,0	13,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
125	30,0	35,0	40,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
126	66,0	72,0	72,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
127	33,0	36,0	46,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
128	46,0	-	-	<i>Luehea divaricata</i>	S/ folhas	Morta	Morta
129	55,0	17,0	26,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	Brotação nova	Brotação nova (ponta quebrada)	Brotação nova
130	75,0	72,0	78,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
131	32,0	40,0	41,0	<i>Senna multijuga</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
132	52,0	53,0	61,0	<i>Luehea divaricata</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
133	89,0	89,0	89,0	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	S/ brotação	Brotação nova
134	80,0	82,0	82,0	<i>Cytherexylum myrianthum</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova
135	55,0	58,0	60,0	<i>Luehea divaricata</i>	Brotação nova	Brotação nova	Brotação nova
136	15,0	15,0	-	<i>Schinus terenbinthifolius</i>	S/ brotação	S/ brotação	Morta
137	50,0	58,0	64,0	<i>Senna multijuga</i>	S/ brotação	Brotação nova	Brotação nova

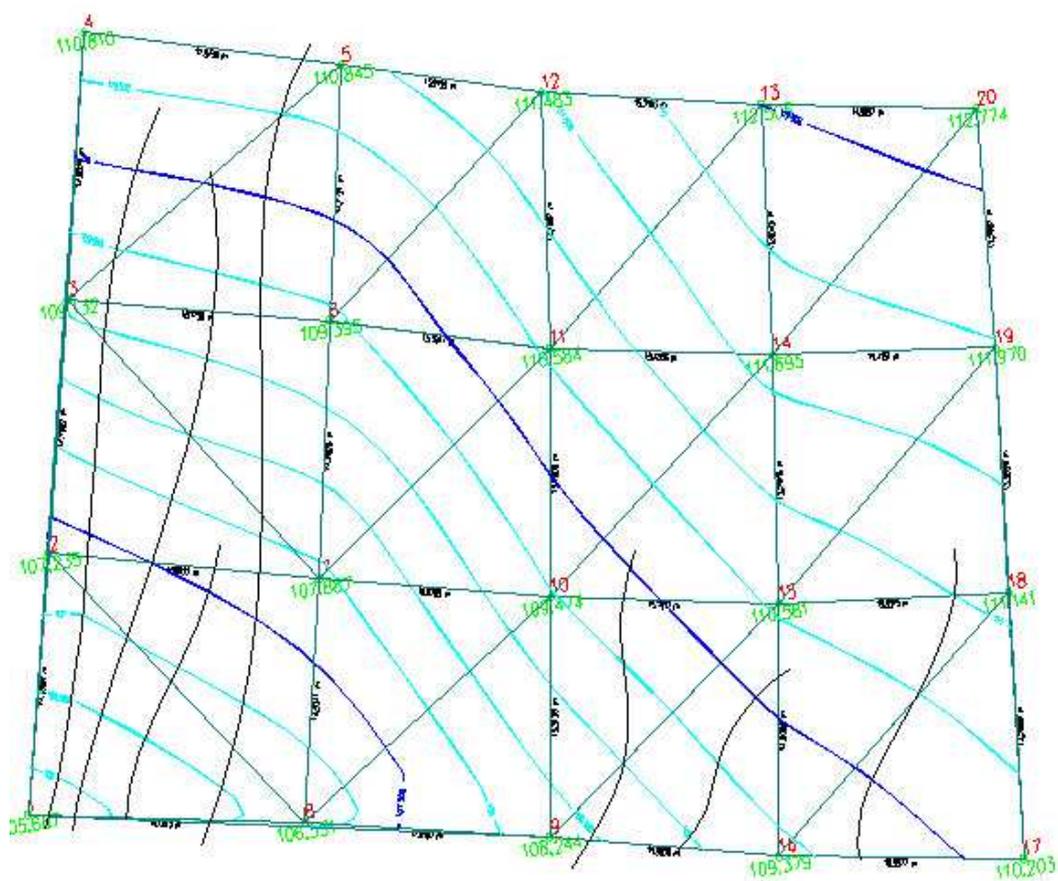
## ANEXO B – CRESCIMENTO DE *MIMOSA SCABRELLA*

Estaca	Número plantas			h(cm)		
	26/08	28/09	26/10	26/08	28/09	26/10
1	6	6	6	3,0	6,0	6.0
2	4	4	4	2,0	6,0	6.0
3	3	2	2	3,0	10,0	12.0
4	4	3	3	4,0	10,0	12.0
5	2	3	3	3,0	6,0	6.0
6	5	5	5	3,0	5,0	8.0
7	5	6	6	3,0	6,0	6.0
8	5	3	3	3,0	3,0	4.0
9	3	2	2	3,0	5,0	7.0
10	2	3	3	3,0	3,0	4.0
11	6	4	2	3,0	3,0	3.0
12	5	4	3	3,0	5,0	5.0
13	2	3	3	2,0	5,0	5.0
14	3	2	1	3,0	3,0	3.0
15	3	3	3	4,0	6,0	7.0
16	2	2	2	2,0	3,0	3.0
17	4	3	1	3,0	7,0	7.0
18	8	8	8	3,0	7,0	7.0
19	6	7	7	4,0	5,0	5.0
20	8	8	8	3,0	7,0	7.0
21	4	4	4	3,0	4,0	5.0
22	2	2	2	2,0	3,0	5.0
23	4	3	3	2,0	8,0	8.0
24	11	15	15	2,0	4,0	6.0
25	6	5	5	2,0	7,0	9.0

## ANEXO C – EROSÃO LAMINAR

Estaca	Erosão (h em cm)			
	28/09		26/10	
	Aterro	Erosão	Aterro	Erosão
1		0,5		1.0
2		2,0		3.0
3	2,0		3.0	
4		1,0		2.0
5		0,0		0.0
6		0,0		0.5
7		0,0		0.5
8		0,5		0.5
9		0,5		1.5
10		0,0		0.0
11		0,0		0.0
12		0,0		1.0
13		0,5		1.0
14		0,5		1.0
15		0,0		0.0
16		0,0		0.0
17		0,0		0.5
18		0,0		1.0
19		0,0		0.0
20		0,5		0.5

## ANEXO D – MAPA DA EROSÃO POR SULCOS



## ANEXO E - ALTURA DAS ESPÉCIES POR INDIVÍDUO

Espécies		Zona 9 (15000m <sup>2</sup> )		Zona 10 (5000m <sup>2</sup> )	
Nome científico	Nome popular	Altura média por Espécie (cm)		Altura média por Espécie (cm)	
		Em 26/09	Em 26/10	Em 26/09	Em 26/10
<i>Ageratum conyzoides</i>	Maria preta				40
<i>Amaranthus lividus</i>	Caruru	20		15	20
<i>Chronopodium ambrosioides</i>	Erva de santa Maria	30			
<i>Commelina nudiflora</i>	Capim gomoso	15			
<i>Cuphea carthagenensis</i>	Sete sangrias			40	
<i>Erechtites hieracifolia</i>	Serralha brava		40		50
<i>Erechtites valerianaefolia</i>	Erva gorda	40	80	25	35
<i>Facelis retusa</i>	Macelinha				30
<i>Gamochaeta americana</i>	Macela da folha fina	30		20	
<i>Lepidium pseudodidymum</i>	Mentruz	10	15		
<i>Melinis minutiflora</i>	Capim gordura	30	40	20	30
<i>Paspalum sauriae</i>	Pensacola	5		5	5
<i>Phytolacca thyrsoiflora</i>	Caruru bravo	20		25	
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	Pimenta-do-brejo	90	100	40	50
<i>Polygonum persicaria</i>	Pimenta-do-brejo	70	80		40
<i>Schkuhria pinnata</i>	Mata-pulgas	50	60		
<i>Senecio brasiliensis</i>	Flor das almas		80		60
<i>Solanum acuelatissimum</i>	Mata cavalo	30		20	
<i>Solanum americanum</i>	Maria pretinha		40		40
<i>Soliva pterosperma</i>	Roseta	10		10	
<i>Sonchus asper</i>	Serralha	30		20	
<i>Spergula avensis</i>	Gorga	60		30	45

## **ANEXO F – FERTILIDADE QUÍMICA DO SOLO**

## ANEXO G – TEMPERATURA DIÁRIA SETEMBRO E OUTUBRO/2004

DIA	T média (°C)	DIA	T média (°C)
1/9/2004	16,60	1/10/2004	18,20
2/9/2004	19,80	2/10/2004	19,00
3/9/2004	17,60	3/10/2004	16,10
4/9/2004	18,80	4/10/2004	16,90
5/9/2004	22,60	5/10/2004	15,40
6/9/2004	24,70	6/10/2004	13,90
7/9/2004	24,90	7/10/2004	15,20
8/9/2004	23,50	8/10/2004	17,40
9/9/2004	21,40	9/10/2004	19,90
10/9/2004	18,00	10/10/2004	21,60
11/9/2004	13,60	11/10/2004	18,30
12/9/2004	12,90	12/10/2004	21,20
13/9/2004	15,30	13/10/2004	21,10
14/9/2004	15,90	14/10/2004	19,30
15/9/2004	15,80	15/10/2004	20,90
16/9/2004	14,70	16/10/2004	23,90
17/9/2004	17,90	17/10/2004	20,70
18/9/2004	20,30	18/10/2004	20,30
19/9/2004	24,10	19/10/2004	17,40
20/9/2004	20,00	20/10/2004	14,70
21/9/2004	20,30	21/10/2004	18,00
22/9/2004	19,10	22/10/2004	22,00
23/9/2004	15,60	23/10/2004	23,60
24/9/2004	18,20	24/10/2004	18,30
25/9/2004	20,50	25/10/2004	14,70
26/9/2004	21,80	26/10/2004	17,10
27/9/2004	20,30	27/10/2004	15,50
28/9/2004	21,00	28/10/2004	16,00
29/9/2004	16,80	29/10/2004	19,10
30/9/2004	15,80	30/10/2004	23,30
		31/10/2004	19,70