

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFPA

**GESTÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM ÁREAS DE
MINERAÇÃO**

**FRANCISCO EVALDO DA SILVA ARAÚJO
MANOEL PEREIRA SANTOS FILHO**

Canaã dos Carajás
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFPA

**GESTÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM ÁREAS DE
MINERAÇÃO**

**FRANCISCO EVALDO SILVA ARAÚJO
MANOEL PEREIRA SANTOS FILHO**

Monografia apresentada como pré-requisito para
conclusão do Curso de Especialização em Gestão
de Recursos Hídricos e Gestão ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Tony Carlos Dias da Costa

Canaã dos Carajás
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFPA

**GESTÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM ÁREAS DE
MINERAÇÃO**

**FRANCISCO EVALDO SILVA ARAÚJO
MANOEL PEREIRA SANTOS FILHO**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará como pré-requisito para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos e Gestão Ambiental.

Prof . Dr. Tony Carlos Dias da Costa
Orientador

1º Examinador

2º Examinador

Aprovado em: ____/____/____.

Nota:_____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Altíssimo Senhor Deus pela oportunidade dada para a realização desta especialização, pois sem Ele nada é possível;

Às nossas famílias, pela força e incentivo na busca permanente de novos conhecimentos;

E aos nossos amigos de verdade que estiveram conosco, lado a lado neste degrau das nossas vidas;

Aos tutores, professores Dr. Marcelo Cohen e Dr. Nuno Alves Correia de Melo pela dedicação em nos orientar;

A Juliana que nos apoiou nos desafios de logística e administrativos do curso;

Ao nosso orientador, professor Dr. Tony Carlos Dias da Costa, pelas orientações e valiosas contribuições que enriqueceram o trabalho.

E também a Vale pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho disponibilizando pessoal de campo.

À Deus, pela vida.
À nossa família.

“Um ser humano só cumpre o seu dever quando tenta aperfeiçoar os dotes que a natureza lhe deu.”

Herman Hesse.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
1.1	Apresentação do problema.....	4
1.2	Objetivos e justificativas.....	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	Conceitos de áreas degradadas.....	6
2.2	Recuperação de áreas degradadas.....	12
2.3	Fundamentação Técnica do Programa de Reabilitação.....	17
2.3.1	Plano de recuperação de áreas degradadas-PRAD.....	18
2.3.2	Aspectos legais.....	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1	Área de estudo.....	21
3.1.1	Aspectos gerais.....	21
3.1.2	Geologia.....	22
3.1.3	Geomorfologia.....	23
3.1.4	Solos.....	23
3.1.5	Clima.....	24
3.1.6	Vegetação.....	24
3.1.7	Áreas recuperadas.....	26
3.2	Descrição da recuperação de áreas degradadas através do plantio de mudas.....	26
3.2.1	Roço.....	26
3.2.2	Capina Manual.....	27
3.2.3	Marcação e abertura de covas.....	28
3.2.4	Adubação das covas.....	28
3.2.5	Controle de formigas.....	28
3.2.6	Plantio.....	28
3.3	Manutenção das mudas plantadas no setor 1.....	30
3.3.1	Roço.....	31
3.3.2	Adubação de cobertura.....	31
3.3.3	Coroamento.....	31
3.3.4	Controle de Formiga.....	31
3.3.5	Aceiramento.....	31

3.4	Descrição da recuperação de áreas degradadas através da utilização de <i>topsoil</i>.....	32
3.4.1	SupressãoVegetal.....	32
3.4.2	Limpeza da Área.....	32
3.4.3	Transporte e disposição de <i>topsoil</i>	33
3.5	Avaliação da vegetação.....	34
3.6	Amostragem da vegetação.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Custo com a recuperação de áreas com o plantio de mudas (Setor01)....	37
4.2	Custo com a recuperação de área com o <i>topsoil</i> (Área 02).....	39
4.3	Amostragem da Vegetação no Setor 1.....	41
4.3.1	Composição florística Setor 1.....	43
4.3.2	Estrutura horizontal da vegetação Setor 1.....	44
4.4	Amostragem da Vegetação na área 2.....	45
4.4.1	Composição florística Área 2.....	46
4.4.2	Estrutura horizontal da vegetação Área 2.....	43
4.5	Comparativo entre os dois métodos de recuperação.....	48
4.5.1	Análise comparativa de custo	48
4.5.2	Análise comparativa da eficiência na recuperação das áreas recuperadas em cada método.....	50
5	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
	ANEXOS	63
	Anexo 1- Lista das espécies vegetais da área suprimida da UHC – Mina do Sossego e seus parâmetros fitossociológicos.....	64

LISTA DE ILUSTRAÇÕES FIGURAS

Figura 1 Mapa do Estado do Pará, com a localização da Mina do sossego, Canaã dos Carajás.....	21
Figura 2 Localização da Mina do sossego, Canaã dos Carajás.....	22
Figura 3 Localização das áreas recuperadas por plantio de mudas e uso do <i>topsoil</i> – Mina do sossego.....	26
Figura 4 Roço manual do capim <i>Brachiária</i> antes do plantio de mudas-Mina do Sossego.....	27
Figura 5 Capina manual antes do plantio de mudas-Mina do Sossego.....	27
Figura 6 Abertura de covas no setor 1-Mina do Sossego.....	28
Figura 7 – Plantio de mudas no Setor 1-Mina do Sossego.....	29
Figura 8 – Cronograma dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas do setor 1.	29
Figura 9 – Supressão vegetal com um trator D6 na área da UHC-Mina do Sossego.....	32
Figura 10 – Serviço de limpeza na área da UHC após a supressão vegetal-Mina do Sossego.....	33
Figura 11 – Distribuição do <i>topsoil</i> na área 2 através de um trator D6-Mina do Sossego.....	34
Figura 12 – Planilha de custo para 1 hectare de área plantada com mudas no ano de 2006.....	38
Figura 13 – Planilha de custo da primeira manutenção para 01 hectare no setor 1 em 2006.....	38
Figura 14 – Planilha de custo da segunda manutenção para 1 hectare no setor 1 em 2007.....	39
Figura 15 – Planilha de custo para aplicação de <i>topsoil</i> em 01 hectare de área recuperada.	40
Figura 16 - Distribuição da densidade nas respectivas classes diamétricas, na área de plantio com mudas setor 1-Mina do Sossego.....	42
Figura 17. Distribuição das 10(dez) espécies com maior densidade na área de plantio com mudas setor 1-Mina do Sossego.	42
Figura 18-Distribuição da densidade nas respectivas classes diamétricas na área 2-Mina do Sossego.....	45
Figura 19 - Distribuição das 10 (dez) espécies com maior densidade na área 2-Mina do Sossego.....	46
Figura 20 – Gráfico comparativo da recuperação de áreas pelo método plantio de mudas e uso de <i>topsoil</i> na Mina do Sossego – Fonte Vale – Mina do Sossego.....	49
Figura 21 – Gráfico comparativo da recuperação de áreas pelo método plantio de mudas e uso de <i>topsoil</i> na Mina de Ferro Carajás – Fonte Vale – Mina de Ferro Carajás.....	50
Figura 22 – Lado esquerdo - setor 1 antes do plantio; Lado direito - setor 1, dois anos após o plantio-Mina do Sossego.....	51
Figura 23 – Lado esquerdo - área 2 antes do plantio; Lado direito - área 2, dois anos após o plantio-Mina do Sossego.....	51
Figura 24 – Lado esquerdo – depósito de estéril antes do plantio; Lado direito – depósito de estéril, dois anos após o plantio-Mina do Sossego.....	52
Figura 25 – Registro de fezes de mamíferos de médio porte na área onde se fez uso de <i>topsoil</i> para vegetação - Mina do Sossego.....	53
Figura 26 – Sinais de regeneração natural na área 2-Mina do sossego.....	54
Figura 27 – Formação de serrapilheira e matéria orgânica na área 2-Mina do sossego.....	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES TABELAS

Tabela 1 - Lista das espécies plantadas no Setor 1.	30
Tabela 2: Distribuição da Densidade, Área Basal e Volume, nas respectivas classes de diâmetro das espécies encontradas na área de plantio setor 1-Mina do Sossego.	41
Tabela 3. Composição florística na área de plantio setor 1-Mina do Sossego.....	43
Tabela 4 - Valores de Densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), Dominância absoluta (m ² /ha) e relativa (ab%), e Valor de Cobertura (VC) para as espécies encontradas na área de plantio de mudas setor 1-Mina do Sossego.	44
Tabela 5: Distribuição da Densidade, Área Basal e Volume, nas respectivas classes de diâmetro das espécies encontradas na área 2-Mina do Sossego.....	45
Tabela 6- Composição florística na área 2-Mina do Sossego.....	47
Tabela 7-Valores de Densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), Dominância absoluta (m ² /ha) e relativa (ab%), e Valor de Cobertura (VC) para as espécies encontradas na área 2-Mina do Sossego.....	48

LISTA DE SIGLAS

RAD	Recuperação de Áreas Degradadas
RA	Recuperação Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
SESMT	Serviço Especializado de Saúde e Medicina do Trabalho
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
EPIS	Equipamentos de Proteção Individual
UHC	Usina Hidrometalúrgica de Carajás
CAP	Circunferência a altura do peito
DAP	Diâmetro a altura do peito

RESUMO

O presente trabalho avaliou na Mina de Cobre do Sossego, no município de Canaã dos Carajás-PA, o processo de recuperação de áreas degradadas, usando o plantio tradicional, com mudas (área de 1 ha), e um método alternativo, de disposição de solo superficial (*topsoil*) em área de 1 ha. Uma análise comparativa dos dois métodos foi realizada avaliando-se custo de recuperação e eficiência dos métodos de recuperação, por meio da avaliação florística e fitossociológica. A avaliação foi feita em cada área dos tratamentos, com amostragem de três parcelas de 10m x 5m em cada unidade avaliada. Como resultado final foi possível concluir que o custo/ha do método alternativo foi de R\$ 16.947,00, 2,4 vezes mais barato que o plantio convencional. A avaliação florística e fitossociológica mostrou que os índices de diversidade ($H'=-1,61$) e densidade (10.800 indivíduos/há) florística também foram superiores na área recuperada com topsoil, enquanto que no setor 1 foram de $H'=-2,80$ e 3.400 indivíduos/ha. A área basal na área 2 (topsoil) foi de 0,001723 m²/ha e o volume de 0,007059 m³/ha, enquanto no setor 1 foi de 0,000091 m²/ha e 0,000098 m³/ha respectivamente. O maior índice de Valor de Cobertura para a o setor 1 foi de VC=36,97, do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e para a área 2 foi de VC=134,84, da Piriquiteira (*Trema micrantha*). As mudas plantadas no setor 1 tiveram um crescimento lento, chegando a atingir apenas 14,9 cm de CAP, enquanto que nas áreas de *topsoil* o maior CAP medido foi de 39,9 cm, portanto 2,6 vezes maior. Observou-se que as espécies, Muiracatiara, Freijó-branco, Tatapiririca, Bacaba, Ipê roxo, Farinha seca, Tenta Carolina e Abiurana não foram encontradas na amostra do setor 1. É importante que os PRAD's sejam revisados e esta metodologia venha a fazer parte do seu escopo de trabalho, possibilitando um avanço maior na recuperação de áreas degradadas, melhorando o planejamento da gestão ambiental,

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas, Plantio de mudas, Uso de topsoil, Mineração.

1 INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas pela atividade mineral é um dos fatores importantes a se considerar no planejamento prévio de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), instrumento que objetiva a manutenção e melhoria da qualidade ambiental no tempo e no espaço onde se insere o empreendimento, buscando-se assim manter determinado nível de disponibilidade de recursos que projeta-se, sejam desejados e/ou necessários às gerações futuras tendo o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), enquanto instrumento do SGA, como objetivo principal minimizar os impactos negativos produzido pela atividade mineral a partir de uma visão de uso futuro da área minerada. A intensidade da degradação impressa pela atividade mineral depende do volume, do tipo de mineração, da tecnologia utilizada e dos rejeitos produzidos nesta atividade.

A extração mineral, como várias outras atividades antrópicas, é potencialmente degradadora do ambiente. Entretanto, uma característica importante da mineração é que se trata da extração de um recurso natural não renovável, que necessariamente provoca o impacto de criação de vazios, isto é, por mais que se desenvolva a atividade dentro dos melhores padrões de controle ambiental, sempre haverá um impacto residual, que é corrigido através da recuperação de áreas degradadas.

Vários são os autores que já trataram desse tema, incluindo-se Ibram (1987), que foi categórico ao afirmar: “Nas atividades de mineração as principais fontes de degradação são: a deposição de resíduos ou rejeitos decorrentes do processo de beneficiamento e a deposição do material estéril ou inerte, não aproveitável, proveniente do decapeamento superficial”. Entretanto, todos os ambientes degradados podem ser recuperados, bastando apenas que os programas sejam bem direcionados e estruturados.

A avaliação do estado de degradação de uma determinada área, tendo como parâmetros básicos, situações como extensão, intensidade e duração dos

impactos ambientais sofridos, constitui-se de fundamental importância para uma boa gestão de planejamento e estabelecimento de sua recuperação. Avaliar, uma vez do fornecimento de subsídios para escolha adequada de técnicas e procedimentos, voltados à recuperação ambiental de uma determinada área. No entanto, a curto, médio ou longo prazo, os fatores naturais da gênese de um solo estarão impondo a condição de equilíbrio do sistema, determinando o grau da estabilidade do processo de recuperação. Assim depois de cessada a interferência humana, o tipo de transformação introduzida produzirá o máximo de desenvolvimento do solo, que permanecerá estável conforme o acondicionamento do ambiente.

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação do meio ambiente deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos envolvidos, o que determina também o envolvimento de profissionais técnicos para buscar o entendimento desses mecanismos e o desenvolvimento de técnicas de recuperação de áreas degradadas em que as espécies estejam em conformidade com o ambiente e que as práticas e manejo envolvidos prezem a matéria orgânica do solo e a manutenção da água no ecossistema. Embora, na maioria dos conceitos referente a áreas degradadas estejam relacionados com solo ou terra, entendemos que esta engloba, além do solo, a água, o ar e os organismos, itens fundamentais para o sucesso de qualquer trabalho de recuperação de áreas degradadas.

No processo de recuperação de áreas, a matéria orgânica do solo é essencial à manutenção de sua integridade, produtividade e sustentabilidade do sistema. Em ecossistema natural, a matéria orgânica é uma das etapas da ciclagem de nutrientes. A decomposição lenta da matéria pela biota do solo e a intrincada rede de sistemas radiculares presentes em ecossistemas naturais levam a uma ciclagem de nutrientes extremamente eficientes (MASCHIO et al.,1992). A biota do solo (macro e micro organismos que dependem da matéria orgânica para a sua manutenção) é uma das partes mais importantes da grande diversidade de organismos das formações vegetais. A presença da matéria orgânica na recuperação de áreas degradadas também é importante para aumentar a retenção de água, a capacitação de retenção de cátions, além de melhorar a agregação do solo.

A recuperação de áreas degradadas, portanto, vai mais além de que uma simples formalidade legal e se fundamenta na obrigação de reparar o dano causado ao meio ambiente. Este dano pode ter origem, inclusive, em atividade permitida por lei, como por exemplo, a mineração, e visa, tanto quanto seja possível, repor a área degradada ao seu status anterior. A obrigação da recuperação, prevista na legislação, não é repor fisicamente a área exatamente como era antes, mais sim repor a área em uma situação de normalidade e estabilidade.

O presente trabalho tem a finalidade de demonstrar de forma positiva, no seio da gestão ambiental a contribuição para o aceleração dos programas de recuperação de áreas degradadas em áreas de exploração mineral, com a utilização do *topsoil*. Este é proveniente das áreas onde a vegetação foi suprimida, e tem a finalidade de recuperar as áreas degradadas, pelo fato de ser mais eficiente e por introduzir não somente o banco de sementes e plântulas existentes, como também uma variedade de microorganismos essencial para o processo de recuperação do solo.

É possível, baseando-se em argumentos puramente técnicos e consagrados, tomar decisões sobre como agir para reabilitar um ecossistema degradado (CARPANEZZI, 2005) apud (RODRIGUES & GANDOLFI, 1996). Todavia, as ações assim eleitas frequentemente não podem ser implementadas com sucesso, sendo a causa mais comum o custo elevado. Apesar disso (KAGEYAMA & GANDARA, 2006) afirmam que os custos de implantação na restauração de áreas degradadas tiveram uma redução significativa nesses últimos anos.

1.1 Apresentação do problema

A recuperação de áreas degradadas em áreas de mineração tem as suas peculiaridades, pois no seu estado de degradação, o processo de mineração é muito agressivo, desta forma favorecendo o empobrecimento do solo, geralmente com a retirada da matéria orgânica que é bastante rica em microorganismos, propágulos e bancos de sementes, necessários ao bom desenvolvimento de uma vegetação.

A dificuldade de se executar um bom programa de recuperação de áreas

degradadas está basicamente centrada em alguns entraves encontrados nas áreas de mineração, principalmente na região norte, onde a mina de Cobre do Sossego está localizada, distante dos grandes centros urbanos, onde estão na maioria das vezes os fornecedores dos principais insumos utilizados neste processo. Esse e outros fatores impactam diretamente no custo final da recuperação por meio do plantio de mudas.

O número de manutenção das mudas, durante os dois primeiros anos, também eleva o custo da recuperação de áreas degradadas através do plantio de mudas, já que essa atividade é extremamente necessária para se garantir o sucesso de desenvolvimento das mudas.

Outros fatores importantes observados na recuperação de áreas degradadas, e são desafios da gestão ambiental são apresentados a seguir:

- Dificuldades de se obter mudas de boa qualidade na região;

- Dificuldade de encontrar empresas especializadas nos serviços de recuperação, na maioria das vezes, as empresas que estão trabalhando nestas áreas, são empresas especializadas nos serviços de construção civil, que tem em seu escopo de trabalho a atividade de plantio de mudas, porém não é o foco principal;

- Perda das mudas nas áreas de plantio, devido as constantes queimadas durante o período de estiagem, provocadas na maioria das vezes pelos proprietários que vivem ao redor do empreendimento, que usam o fogo para a renovação de pastos. Muitas vezes essa ação foge ao controle da gestão do empreendimento, ainda que se tenha a execução de aceiros nas áreas limítrofes da empresa;

- Apesar de estarmos situados em região tropical, o crescimento das mudas é lento, o que dificulta ampliar o grau de resiliência na área em recuperação.

- A grande incidência do capim brachiária nas áreas de plantio, remanescentes da atividade pecuária existente antes da implantação do empreendimento, também é um grande fator negativo que interfere diretamente no desenvolvimento das mudas, devido à competição por nutrientes e água no solo;

Dentro desse contexto, apesar das dificuldades encontradas, é necessário buscar alternativas viáveis, que possibilitam a recuperação das áreas degradadas, de maneira mais rápida e com um custo menor, minimizando os impactos causados pela mineração, melhorando a qualidade do ambiente sob o ponto de vista ecológico.

1.2 Objetivos e Justificativas

Este trabalho tem a finalidade de avaliar o comportamento de recuperação de áreas degradadas na mina de Cobre do Sossego, por meio da utilização de *topsoil* e plantio de mudas (*método tradicional*), analisando os custos para cada tipo de operação utilizada atualmente na mineração. Além de justificar que a utilização de *topsoil*, resultante das áreas suprimidas é mais eficiente que os outros métodos, pela disponibilidade do material e por introduzir não somente o banco de sementes e plântulas existentes, como também uma variedade de microorganismos essencial para o processo de recuperação do solo.

Os objetivos específicos do projeto são:

- Acelerar a recuperação das áreas degradadas pela atividade de mineração com o uso do *topsoil* obtido de áreas de supressão;
- Dar destino nobre e ambientalmente correto ao *topsoil*, extraído de áreas onde a vegetação foi suprimida para fins de lavra;
- Avaliar os custos da recuperação das áreas degradadas com uso de *topsoil* e com o método tradicional (plantio de mudas).
- Avaliar a vegetação buscando verificar a eficiência dos trabalhos de recuperação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos de áreas degradadas

Vários são os conceitos pertinentes às áreas degradadas, demonstrando dessa forma, a complexidade do tema e até mesmo, a diversidade de conceitos dos autores. De modo geral, considera-se como área degradada aquela que teve

eliminado, junto com a vegetação os seus mecanismos bióticos de regeneração, bem como as características mínimas de fertilidade do solo local, que permitam o desenvolvimento e estabelecimento de uma nova vegetação. De acordo com IBAMA (1990), a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e o regime da vazão do sistema hídrico for alterado.

Defini-se área degradada ou ecossistema degradado, como aquele que, após distúrbio, teve: a) eliminados juntamente com a vegetação nativa, os seus meios de regeneração biótica como banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e órgãos ou partes que possibilitem a rebrota, inclusive com a perda da camada fértil do solo; b) a fauna destruída, removida ou expulsa; c) a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico alterado.

Nessas condições, por apresentar baixa resiliência, ocorre a degradação ambiental devido à perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas. Nesse caso, o seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, tornando necessária à ação antrópica para a recuperação desses ecossistemas e possibilitar o restabelecimento do desenvolvimento sócio-econômico.

Ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica. A ação humana não é obrigatória, sendo necessário somente auxiliar na recuperação do ecossistema perturbado, pois a natureza pode se encarregar da tarefa. Em ecossistemas degradados, a ação antrópica para a recuperação quase sempre é necessária (CARPANEZZI et al., 1990; IBAMA, 1990).

Considerando que esses sistemas possuem energia armazenada, pode-se considerar que o ambiente degradado apresenta a perda dessa energia. Blum (1998) identifica e sugere três tipos de energia envolvidos nesses compartimentos:

- Gravitacional - é a energia que controla a maior parte de movimentos dos sólidos, líquidos e gases, sendo determinante para alguns fenômenos, tais como erosão e sedimentação;

- Conservada - é a energia existente e presente no material de origem, sendo proveniente das forças internas da Terra, tais como pressão e temperatura;
- Solar - é a energia de maior importância para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais.

Por meio do processo de fotossíntese, os vegetais transformam o gás carbônico atmosférico em componentes orgânicos que são transferidos ao solo. Considerando-se esse conceito, no qual a função e uso do solo têm como base a sua energia armazenada, implica em dizer, que degradação do solo significa a perda de suas funções e usos. Dessa forma, a degradação ambiental pode ser definida nas formas específicas de energia. Assim, todas as atitudes a serem definidas na recuperação ou no uso de áreas degradadas, devem considerar o nível de energia no sistema (KOBAYAMA et al., 2001).

Observa-se, entretanto, na maioria dos conceitos relacionados à área degradada, a priorização em relacioná-la ao fator solo ou terra. Sabe-se porém, que ela engloba não apenas o solo, mas também a água, o ar e os organismos. Sob esta visão, Kobiyama et al. (1993) definiram degradação, como “processos e fenômenos do meio ambiente, naturais ou antropogênicos que prejudicam as atividades de um ou mais organismos”. A partir dessa definição, conceituaram área degradada considerando a sua entropia (S), que pode ser definida como a divisão entre calor (Q) e temperatura (T), ou seja, $dS = dQ/T$. Entendem, assim, que entropia representa a “sujeira” no sistema, resultando na desarmonia dos processos envolvidos. Dentro dessa visão, área degradada é aquela que apresenta maior entropia do que um ambiente equilibrado.

Para Odum (1988), entropia é a medida da energia não disponível que resulta das transformações, como nos processos de dispersão, havendo queda de qualidade, posto não ocorrer tais processos, mesmo espontâneos, sem a ocorrência de perdas. Então, quanto menor a entropia (relação percentual entre a energia dissipada sem aproveitamento e a total utilizada) maior é a eficiência do processo de transformação.

Tratando-se da recuperação propriamente dita, é comum a citação de

termos como recuperação, reabilitação e restauração como se fosse um único processo. Segue as definições abaixo, conforme recuperação de solo:

- Reabilitação - o solo é retornado à forma e produtividade em conformidade com a sua capacidade de uso, incluindo sua estabilidade e equilíbrio ecológico, que não contribua substancialmente para a deterioração ambiental e com os valores estéticos circundantes;
- Recuperação - o local é novamente hospitaleiro para organismos que eram originalmente presentes ou outros que se aproximam das populações originais;
- Restauração - a condição do local no momento da perturbação é reproduzida depois da ação.

Estes mesmos autores comentam que os termos reabilitação, recuperação e restauração não foram uniformemente usados, sendo que outras denominações variaram ao longo dos anos. As leis e regulamentos pertinentes foram interpretados e cumpridos de diferentes modos, variando de acordo com o tempo e com o lugar. Atualmente, o termo “recuperação” é o que vem sendo mais utilizado no Brasil, mas com o entendimento que possibilidades alternativas de usos do solo devem permanecer.

De acordo com Griffith et al. (2000), “a recuperação de áreas degradadas (RAD) ou recuperação ambiental (RA) é um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento da autosustentabilidade e do equilíbrio paisagístico semelhantes aos anteriormente existentes em um sistema natural que perdeu essas características. As pesquisas em recuperação ambiental têm focado tanto os problemas decorrentes das atividades agropecuárias, florestais, minerárias, construção civil, urbanização e industrialização, como aqueles decorrentes de processos naturais, tais como enchentes, incêndios, secas, dilúvios e atividades sísmicas”.

A sustentabilidade de um ecossistema em uma condição relativamente estável pressupõe que as espécies dominantes possam se recuperar normalmente e se manter dominantes em longo prazo. Em ecossistemas degradados, esta condição não só não ocorre como também a colonização por espécies arbóreas e a sucessão

secundária são dificultadas ou impedidas.

A recuperação de uma área deve seguir os mesmos mecanismos da sucessão natural, o que garante seu sucesso em termos de sustentabilidade. É evidente, porém, que não se trata de reproduzir fielmente as etapas sucessionais, o que acarretaria inevitavelmente um enorme período de tempo. Nas condições naturais aparecem inicialmente apenas às espécies pioneiras, que deverão alterar as condições físicas para possibilitar o aparecimento das espécies secundárias e estas devem fazer o mesmo para o surgimento das climácicas. Portanto, deve-se ajustar ou adaptar os estados serais no sentido de agilizar este processo.

Uma espécie é pioneira quando produz uma grande quantidade de sementes pequenas, de longa viabilidade e latência, geralmente disseminada por pássaros, morcegos ou vento. Apresenta um ciclo de vida curto (inferior a 8 anos). São indivíduos de porte pequeno (inferior a 8m) e apresentam crescimento rápido. São heliófilas e colonizam qualquer área agressiva, sob luz. Normalmente sem epífitas e eventualmente com musgos ou líquens (BARBOSA et al., 2000; BUDOWSKY, 1965).

As climácicas são espécies que produzem pequena quantidade de sementes grandes de curta viabilidade, disseminadas por gravidade, mamíferos, coletores. Seu ciclo de vida é longo (até 100 anos). Os indivíduos são altos (chegando a 60m) e de crescimento lento. Colonizam áreas sombreadas e necessitam de luz na fase adulta. Exibem uma grande quantidade de epífitas (BARBOSA et al., 2000; BUDOWSKY, 1965).

Comumente em áreas degradadas tem-se a remoção ou perda dos horizontes superficiais, que resultam na remoção da porção do solo que contém a maior concentração de nutrientes e de matéria orgânica e a maior parte da microbiota do solo. Assim sendo a norma (ABNT, 1989) define degradação do solo, como a alteração adversa das características deste em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais.

De acordo com Rolim & Jesus (2003), a maior parte das áreas degradadas

nos Neotrópicos resulta de sistemas inapropriados de uso da terra, que geram ganhos econômicos em curto prazo, com alto custo de degradação ambiental e subdesenvolvimento sócio-econômico em longo prazo. E complementam que com base na cobertura vegetal as áreas degradadas podem ser separadas em duas categorias principais: florestas secundárias e pastos abandonados.

Assim, muitas atividades antrópicas exercidas sobre o meio ambiente natural podem apresentar diversos impactos ou graus de degradação. Esses impactos podem ter diversas naturezas em várias combinações quanto possíveis, sendo as mais ocorrentes aquelas que se caracterizam, além da supressão da vegetação local, pela remoção ou perda dos horizontes superficiais do solo que contém as maiores concentrações de matéria orgânica, nutrientes e atividades microbianas e, atrelado a esse processo, o surgimento de problemas de natureza física do solo como baixa permeabilidade, camadas compactadas ou adensadas, alteração e desordem nos fluxos e escoamentos superficiais e sub-superficiais das águas pluviais, instabilidade do terreno, dentre outros (CAMPOS, 2006).

Primavesi (1981) comenta que aparentemente certas ações antrópicas não provocam alterações ambientais, todavia, uma análise mais profunda consegue mostrar e identificar impactos em diferentes graus de intensidade. Os principais impactos ambientais sobre os solos são aqueles originados pela agricultura intensiva, mineração e desmatamento. As condições de acidez do substrato apresentado é um fator muito seletivo para o desenvolvimento adequado das plantas, que ainda devem ser capazes de desenvolver suas raízes em solo compactado, superar a condição anaeróbica, mobilizar nutrientes fixados, absorver água contra tensões altas e equilibrar excesso de íons metálicos que seriam tóxicos.

Em síntese, as atividades antrópicas exercidas sobre o meio ambiente natural podem apresentar diversos impactos ou graus de degradação. Dessa forma, torna-se evidente que situações como estas podem desencadear ou levar ao surgimento de inúmeros processos erosivos do solo, caso não sejam tomadas medidas reparadoras nas áreas afetadas.

Finalmente, a avaliação do estado de degradação de uma determinada

área, tendo como parâmetros básicos situações como extensão, intensidade e duração dos impactos ambientais sofridos, constituem-se de fundamental importância para o planejamento e estabelecimento de sua recuperação, ao invés do fornecimento de subsídios para escolha adequada de técnicas e procedimentos voltados à recuperação ambiental de uma determinada área.

2.2 Recuperação de áreas degradadas

Antes de 1989, os processos de recuperação de áreas mineradas no Brasil apresentavam duas estratégias de revegetação: “tapete verde” e “reflorestamento”. A primeira usava espécies agressivas de rápido crescimento: capim-gordura (*Melinis minutiflora*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*) e, a segunda, espécies arbóreas nativas ou exóticas com baixa diversidade inicial de plantio (DIAS & GRIFFITH, J. J., 1998). Os reflorestamentos permitiam a rápida cobertura e proteção do solo, atendendo exigências de órgãos ambientais (SÃO PAULO, 2000; CUNHA et al., 2000).

Em outros países as atividades de reabilitação de áreas degradadas envolvendo a revegetação apresentam registros da primeira metade do século XX na Costa Rica, México, África e Austrália, onde priorizaram a monocultura de Pinus e Eucalyptus (SIQUEIRA, 2002). Havia poucos registros documentais, com enfoque conservacionista na recuperação dos ecossistemas degradados, pois se tratavam de formas alternativas de gerar renda em áreas sem produção.

Foram verificadas algumas experiências da Cia. Paranaense de Energia (COPEL) em reabilitação de áreas de empréstimo a partir de reflorestamento com espécies florestais e rastejantes, onde a *Acacia trinervis*, *Eucalyptus vinalis*, *Eucalyptus globulus* e *Mimosa scabrella* foram às espécies florestais que apresentaram melhores resultados. A utilização destas espécies foi motivada pelas altas taxas de crescimento, rusticidade em termos de demandas ambientais, retorno econômico, facilidade de obtenção de sementes e conhecimentos dos tratamentos silviculturais.

A estratégia do reflorestamento com baixa diversidade inicial apresenta problemas de senescência precoce, devido à falta de mecanismos de defesas contra pragas, ciclagem de nutrientes ineficiente, condições de competição e fragilidade ambiental, sendo susceptíveis a fatores ambientais sinalizadores de desequilíbrio: o fogo, ataque de pragas e erosão (VALCARCEL, 2004). O empobrecimento torna-se visualmente perceptível com a morte das espécies, sinalizando falta de efetividade das medidas de recuperação (EINLOFT et al., 2000), sendo estas estratégias não recomendadas (DIAS & GRIFFITH, 1998) no Brasil dada a sua imensa e diversificada biodiversidade.

Do ponto de vista técnico-científico, grandes avanços foram alcançados nos últimos anos, com a intensificação das pesquisas em recuperação de áreas degradadas. Passou-se de reflorestamentos com escolha de espécies de forma aleatória, sem modelos definidos (SALVADOR, 1987; DURIGAN et al., 1990), para modelos elaborados, baseados nos processos de sucessão secundária (KAGEYAMA, 1992a; BARBOSA et al., 1997). As experiências desenvolvidas na CESP a partir de 1988 aperfeiçoaram modelos de revegetação envolvendo espécies nativas e conhecimentos sobre composição e estrutura de florestas nativas objetivando sucessão vegetal (KAGEYAMA et al., 1992 a,b; 1994).

Em ecossistemas degradados pela atividade da mineração, onde há exigüidade de atributos ambientais, se verifica o mesmo comportamento dos estágios antecedentes dos processos sucessionais, mas com espécies menos exigentes, pois há modificações no substrato, radiação luminosa e nas relações inter e intra-específicas, culminando na formação de sistemas menos estruturado e pouco diverso comparado aqueles das fases iniciais de um ambiente natural (MACEDO, 1993; Ser, 2002).

Os objetivos da recuperação de uma determinada área degradada devem atender requisitos individuais e o plano estabelecido deve deixar claro, previamente, o motivo da reabilitação ambiental. Existem diversos usos potenciais para os quais as áreas degradadas podem ser destinadas, como o cultivo/pastagem, reflorestamento, zona residencial ou urbana, parques, locais de recreação, ou simplesmente abandoná-las à sucessão vegetal (GRIFFITH, 1980).

Segundo Rolim & Jesus (2003), alguns autores procuraram sistematizar as técnicas de recuperação de áreas degradadas (JESUS, 1994; GRIFFITH et al., 1996), todavia, os sistemas devem ser específicos para cada situação, contemplando entre outros fatores a localização, clima, topografia, estabilidade do terreno, solo, vegetação e a natureza do(s) agentes(s) causador (es) da degradação. Ressalta-se que depois de planejado o escopo do sistema a ser adotado, o mesmo passa por alterações no decorrer da implantação das atividades previstas, assim como nas suas manutenções, dando uma dinâmica toda especial às técnicas de recuperação. Seguindo essa linha de raciocínio, de maneira geral o processo de recuperação de uma área degradada torna-se, via de regra, lento, principalmente quando está abandonada e depende da sucessão natural. Desta forma, o estresse sofrido pelo ambiente torna ainda mais difícil à recuperação da riqueza de espécies, da produção de biomassa e da fertilidade do solo. Com isso, a escolha da melhor combinação de técnicas recuperadoras, sempre deve se levar em consideração o histórico do uso do solo, fundamental para que tais atividades sejam desenvolvidas.

Segundo (CAMPOS, 2006) a revegetação pode ser um dos elementos de atuação nos trabalhos de recuperação de áreas degradadas, assumindo diferentes funções de acordo com a situação encontrada. Como exemplo, a presença de cobertura vegetal traduz-se em uma das formas de conservação e/ou restituição da fertilidade do solo. Quando comparada a uma área descoberta, apresenta inúmeras vantagens, entre as quais, diminui o processo erosivo, minimiza a perda de água por evaporação, aumenta a infiltração de água e contribui para a manutenção e/ou aumento da matéria orgânica do solo. Assim, modelos de recuperação de solos degradados devem basear-se em tecnologias que sejam capazes de melhorá-lo por meio do aporte de matéria orgânica com baixa relação Carbono/Nitrogênio (FRANCO et al., 1992), todas comentadas por Campos (2006).

De modo geral, nos programas de recuperação ambiental citados por Campos (2006), podem ser usadas duas técnicas distintas: restauração e reabilitação. Viana (1990), por sua vez, define o primeiro termo como um conjunto de tratamentos que visam recuperar a forma original do ecossistema, ou seja, suas estruturas originais, dinâmicas e interações biológicas. Ela é geralmente

recomendada em situações especialíssimas, e demandam mais tempo em tratamento, o que resulta em maiores custos. Por sua vez, a reabilitação diz respeito aos tratamentos que buscam a recuperação de uma ou mais funções do ecossistema, que podem ser basicamente econômica e/ou ambiental (ROLIM & JESUS, 2003). Esses conceitos são de vital importância para se definir a estratégia da recuperação, onde o grau de degradação e o custo pesam na escolha da técnica. A reabilitação do ecossistema torna-se indicada para as áreas degradadas, por intermédio da rápida formação de uma cobertura florestal, o que permite auxiliar a restauração do ecossistema ao longo do tempo. Já a estratégia de restauração contempla as situações contrárias nas quais se processa a maior disponibilidade de recursos financeiros.

Em síntese, o interesse primordial de qualquer estratégia de recuperação de áreas degradadas é interferir em um ou mais fatores de formação do solo e acelerar sua gênese. Assim, é necessário estabelecer condições mínimas para reduzir o processo erosivo e recompor a paisagem natural com a revegetação.

As principais justificativas para os reflorestamentos de proteção ambiental envolvem a recuperação imediata, tanto quanto possível, dos benefícios ambientais. Isso muitas vezes não é analisado coerentemente e a restauração da forma (composição e diversidade de espécies, estrutura trófica, fisionomia, dinâmica, etc.) torna-se prioritária frente à recuperação dos serviços do ecossistema, ou seja, sua função ambiental (VIANA, 1990).

Todo ecossistema pode, teoricamente, ser decomposto em função e estrutura. A função se refere apenas aos grandes processos básicos em um ecossistema, tais como: ciclo de água, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, cada um deles composto de processos menores. Por sua vez, a estrutura do ecossistema refere-se aos seres vivos (biota): quem são? Como estão organizados? Como se relacionam? Esse tipo de abstração, por mais inócua que possa aparentar, pode ser uma ferramenta extremamente útil para tratar racionalmente várias questões conflitantes que persistem em torno da recuperação ambiental, principalmente se for levado em conta à finalidade do processo de reabilitação que seria proporcionar ou definir um uso futuro do solo e a restauração de algumas

funções ambientais perdidas (CARPANEZZI, 2005).

Nas áreas tropicais úmidas, onde se insere praticamente toda a Amazônia brasileira, deve-se ter em mente antes de qualquer tentativa de técnica de recuperação ambiental, o aproveitamento do potencial da resiliência local, extremamente comprovado para as florestas tropicais referenciados por Rolim & Jesus (2003), trataram áreas mineradas de bauxita com serrapilheira oriunda de mata vizinha à mineração. Após dezessete meses, áreas com mais serrapilheira apresentavam maior diversidade de espécies e famílias botânicas e a regeneração natural foram satisfatoriamente induzidas.

Partindo desse pressuposto, hoje diversas técnicas são utilizadas: plantio de mudas (considerado tradicional), semeio a lanço de coquetel de sementes, uso de ilhas de vegetação, uso de serrapilheira e menos freqüentemente o uso da camada de solo superficial o (topsoil), conforme previsto no Manual de Recuperação de Áreas Degradadas do IBAMA (1990).

Cada uma dessas técnicas possui a sua viabilidade, custos e eficiência para cobertura vegetal, que é uma das principais funções estruturais do ecossistema ambiental a ser recuperado. Todas as técnicas acima se baseiam na sucessão vegetal, mas sua prática no Brasil menospreza a fase inicial herbáceo-arbustiva (matagal, capoeira, juquira e outras denominações), também considerada “opções pobres”, e visa instalar imediatamente a fase arbórea. Existe alguma argumentação técnica para isso, como diminuição de riscos de incêndio e recuperação da biodiversidade das fases sucessionais avançadas.

Carpanezi (2005) registrou que um motivo forte é o sentimento, arraigado na sociedade de que só a floresta tem valor ambiental considerável. E continua pautando com outros argumentos a favor da classe herbáceo-arbustiva e, portanto, das opções “pobres” estão a presença de uma fauna dependente dela e o fato de que a existência de diferentes fases sucessionais, numa paisagem, maximiza sua biodiversidade. Ademais, a intensificação da agropecuária numa região leva a que, paulatinamente, só venham a existir capoeirinhas protegidas com sua riqueza biológica dentro de áreas reservadas.

Finalmente, um aspecto pouco conhecido é que a estrutura da floresta madura é influenciada durante séculos pelo tratamento dado à vegetação na fase inicial da sucessão secundária (CARPANEZZI, 2005) apud (ZAVITKOSVKI & NEWTON, 1968).

2.3 Fundamentação Técnica do Programa de Reabilitação

A extração mineral, como várias outras atividades antrópicas, é potencialmente degradadora do ambiente. Entretanto, diferencia-se de outras atividades uma vez que, explorado o bem mineral (recurso natural) o mesmo não retorna mais ao seu local de origem, sendo por esse motivo considerado recurso natural não renovável. No local onde se explorou o bem mineral freqüentemente observam-se mudanças nas formas do relevo na forma, na fauna, na flora, no ciclo hidrológico local, na qualidade das águas e muitos outros atributos ambientais que durante e após a atividade mineral necessitam ser readaptados a uma nova realidade ambiental socialmente aceita, realidade essa que se espera vir a operar após o descomissionamento da mina. A esse processo tem se chamado Sistema de Gestão Ambiental (SGA) desempenhando a reabilitação de áreas degradadas papel fundamental no SGA, ao implantar nas áreas afetadas pela atividade mineral um processo de adaptação quer pela revegetação e/ou pela conformação topográfica e/ou pela reintrodução de espécies da fauna e/ou construção de obras civis, bem como por um número de intervenções tecnológicas cujo limite e própria criatividade humana proporcionará ao ambiente modificado acelerar seu processo de preparação da atividade futura concebida dentro do SGA.

A obrigação fundamental imposta aos titulares de concessões de lavra no Brasil, com relação ao fechamento das minas, é que eles promovam a reabilitação das áreas impactadas pelas atividades da mineração, de acordo com um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), previamente elaborado e aprovado pelo órgão governamental competente.

2.3.1 PRAD - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.

A exigência da apresentação obrigatória do PRAD fundamenta-se no princípio de que as áreas ambientalmente perturbadas pelas atividades de mineração devem ser devolvidas à comunidade ou ao proprietário superficiário nas condições desejáveis e apropriadas ao retorno do uso original do solo ou naquelas necessárias para a implantação de outro uso futuro, desde que escolhido por consenso entre as partes envolvidas e afetadas pela mineração.

O preceito legal estabelece que o PRAD deva considerar a solução técnica adequada, visualizada pela empresa de mineração para reabilitar o solo eventualmente degradado pela atividade de mineração e para uso futuro (IBRAM, 1992; DNPM, 2000). O plano aprovado pode ser revisto ou alterado com a concordância do órgão ambiental competente para sua aprovação, para incorporar inovações tecnológicas ou outras ações alternativas que se mostrem mais adequadas ao processo de reabilitação à medida que se desenvolvem as atividades de lavra e beneficiamento.

A concepção desse programa encontra-se alicerçado em conceitos básicos de fisiologia vegetal e ainda, nas diversas observações e bibliografias existentes, acima citadas. Regionalmente, os gradientes ecológicos, sobretudo o aspecto climático, são relativamente favoráveis ao estabelecimento de uma vegetação em fase de colonização, bem como ao desenvolvimento de uma cadeia sucessória. Outro fator favorável decorre da existência de múltiplos fragmentos florestais circunvizinhos à área de trabalho, capazes de produzir e disseminar propágulos através da circulação da fauna existente e atuação eólica. Nesse caso específico, significa que todo o processo será desenvolvido a partir de condições ambientais favoráveis, embora algumas funções imprescindíveis a esse processo de sucessão tenham que ser criadas, tais como geração de matéria orgânica (deposição de serrapilheira e galhadas) e a própria estruturação e proteção do solo (reconformação geotécnica e utilização de solo orgânico).

A metodologia a ser utilizada na condução do programa de recuperação ambiental deverá ser aquela que apresente alternativas simples quanto a sua execução, de eficiência técnica comprovada e principalmente a custos capazes de

suportar a viabilidade econômica do projeto. Fora esse aspecto, torna-se obrigatório a qualquer que seja o processo de recuperação ambiental o acompanhamento técnico-operacional, sobretudo em regiões cujas informações sobre experiências anteriores são inexistentes ou mesmo imprecisas. Em decorrência, a sistematização de coleta e análise de dados pertinentes ao sistema de recuperação, via de regra, fornece subsídios fundamentais para a condução desses programas de reabilitação.

No presente caso, tal programa tem como premissa básica, uma distribuição florística diversificada, composta em grande parte de Leguminosas (adubação verde), associada à espécie de rápida colonização, sempre considerando o grupo ecológico a que pertencem (pioneiras, secundárias iniciais ou tardias e climáticas). Outra condicionante fundamental desse trabalho, diz respeito à adubação mineral/orgânica, uma vez que, em geral, os solos brasileiros apresentam a baixa fertilidade como principal característica.

Este trabalho baseou-se no plano de recuperação de áreas degradadas da Mina do Sossego e as ações previstas vêm sendo implantadas nas áreas já interferidas pela atividade mineral. De modo geral, está previsto o plantio de mudas de espécies florestais nativas de todas as classes sucessionais, entretanto, o uso de *topsoil* não estava previsto nesse documento.

2.3.2 Aspectos legais

Até recentemente, a estrutura regulamentar básica para recuperação de áreas mineradas era estabelecida por dois atos legislativos: a) o Código de Mineração, de 1967; e b) a Lei de Controle Nacional do Meio Ambiente, de 1975. A partir de 1981, os fundamentos legais da obrigação de reabilitar áreas degradadas encontram-se no inciso VIII do artigo 2º da Lei n. 6.938/81, nos parágrafos 2º e 3º do artigo 225 da Constituição Federal e no Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989 (IBAMA, 1990).

Os dispositivos legais (BRASIL, Constituição Federal).

“Art. 225 – todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e

futuras gerações”.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

“Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios”:

VIII - Recuperação de áreas degradadas

Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989 - Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, Inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Art. 1º - Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente o plano de recuperação de área degradada.

Parágrafo único - Para os empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um plano de recuperação de áreas degradadas”.

Art. 2º - Para efeito deste Decreto são considerados como degradação processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º. - A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

3.1.1 Aspectos Gerais

A área estudada situa-se na propriedade da empresa Vale, na Mina de Cobre do Sossego, localizada a aproximadamente 30 km do Município de Canaã dos Carajás, sudeste do Pará, próxima ao rio Parauapebas e rio Sossego, 115 km de Parauapebas e 550 km de Belém (Figura 02).



Figura 1 – Mapa do Estado do Pará, com a localização da Mina do sossego, Canaã dos Carajás.

A área em estudo está inserida integralmente na bacia hidrográfica do rio Parauapebas. O local encontra-se devidamente mapeado e geo-referenciado, nas dependências do empreendimento, no Município de Canaã dos Carajás (Figura 01). O ecossistema da microrregião do Sossego trata-se de local totalmente antropizado e degradado por atividades de garimpagem realizada no local até o ano de 1998, circundado por pastagem utilizada para criação de gado de corte, anterior ao início das obras da Mina.

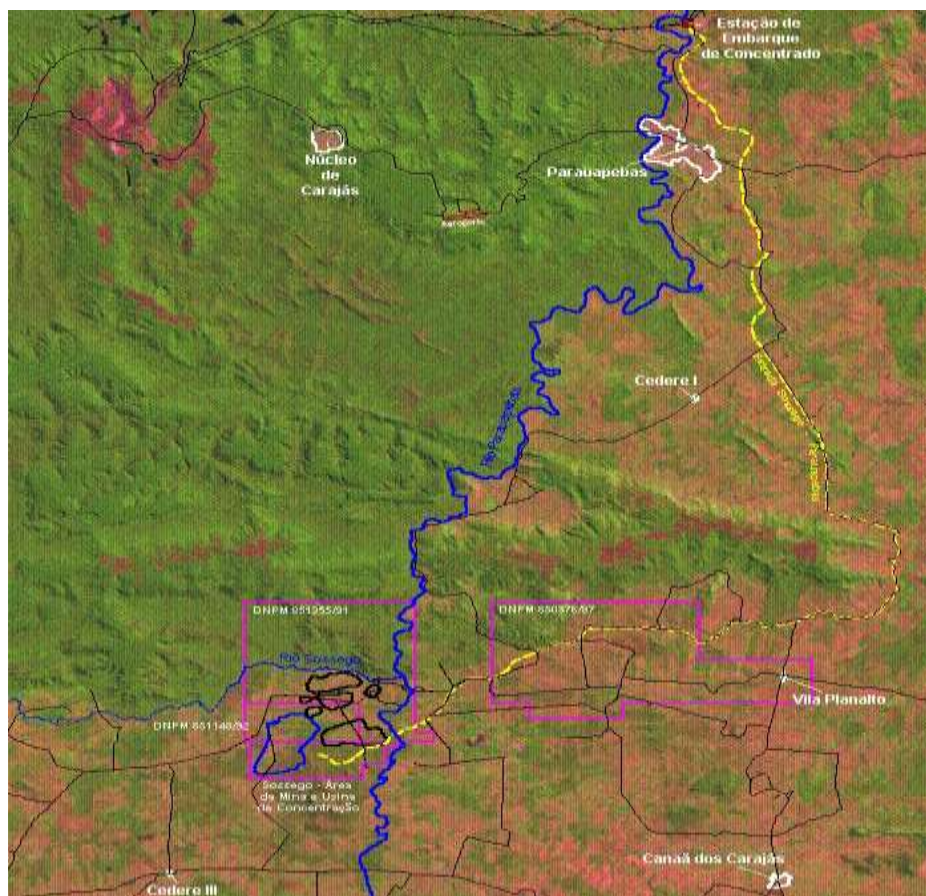


Figura 2 – Localização da Mina do sossego, Canaã dos Carajás.

3.1.2 Geologia

As jazidas da Mina do Sossego estão inseridas no contexto da Província Mineral de Carajás, situada na região sudeste do Estado do Pará, no Brasil, abrangendo uma área de aproximadamente 30.000 km² (300 x 100 km). É limitada, a norte, pela serra do Bacajá, a sul, pela serra dos Gradaús, a leste, pelos rios Araguaia e Tocantins e, a oeste, pelo rio Xingu.

A Mina do Sossego baseia-se na exploração de dois depósitos principais: o Sequeirinho e o Morro do Sossego. Estes depósitos afloram na forma de uma série de morros contendo minerais oxidados de cobre ao longo da direção por pelo menos, três quilômetros. Até mais ou menos 15 anos atrás, esta área era inteiramente coberta pela floresta tropical típica da região Amazônica. Inicialmente, os garimpeiros descobriram ouro nos córregos e, mais tarde, nos afloramentos do Morro do Sossego e do Sequeirinho, de onde extraíram ouro dos níveis

intemperizados. À medida que os assentamentos populacionais progrediam, a floresta ao redor foi sendo removida para implantação de fazendas de gado de corte.

3.1.3 Geomorfologia

As morfologias foram analisadas através de imagens de satélite 1:100.000, fotografias aéreas na escala aproximada de 1:25.000 e mapas topográficos nas escalas de 1:100.000 e 1:20.000. Nos trabalhos de campo foram realizados perfis típicos das geometrias do relevo e algumas medidas de inclinação das vertentes através de clinômetro Silva.

- As classes de declividade definidas foram:
- Muito íngreme (>100%);
- Moderadamente íngreme (45 a 100%);
- Inclínada (20 a 45%);
- Plana ou ligeiramente inclinada (0 a 20%).

A geomorfologia local reflete claramente as características gerais da geomorfologia regional da serra dos Carajás, ou seja, apresenta as duas principais unidades descritas. É possível compartimentar a área-objeto, diante de critérios topográficos, morfológicos e litológicos, em três unidades de relevo: Planalto Dissecado - Serra do Rabo, Morros e Colinas Rebaixadas e as Planícies Aluviais

3.1.4 Solos

Na região de Parauapebas os solos predominantes são latossolos amarelos e vermelhos, com nítidas características distróficas e raramente eutróficas, álicos e originados principalmente de rochas cratônicas (granitos e gnaisses), arenitos com derrames vulcânicos de eras geológicas distintas. Outra ocorrência é o podzólico de baixa fertilidade natural. Geralmente, devido ao elevado intemperismo e alto processo de lixiviação, são profundos e bem drenados.

“A floresta tropical pluvial é o melhor exemplo de um ecossistema automantido, homeostático. O aspecto da floresta pluvial em que sua característica de homeostase equilibrada se demonstra mais claramente é o dos ciclos minerais,

organizados de tal maneira que a vegetação luxuriante pode existir em solos tão pobres em nutrientes”, (Ciclagem de Minerais. Golley, McGinnis, Clements, Child e Duever - EDUSP/SP).

Partindo deste princípio entende-se que o solo por si mesmo não suporta a floresta, a ciclagem de minerais é o princípio de formação do horizonte A0, portanto tal recomendação baseia-se na adição posterior de minerais para a recomposição florestal da área em especial de adubos químicos ou mesmo a disposição de matéria orgânica que possa compensar essa baixa fertilidade.

3.1.5 Clima

A Mina do Sossego está inserida em uma área de clima tropical e chuvoso, com uma curta estação seca (tipo Am de Köppen). A temperatura média anual é de 26,0°C e as médias mensais oscilam de 23,7°C no mês de abril a 27,2°C em novembro. A precipitação média anual é de 1754,9 mm e se concentra, principalmente, entre fevereiro e agosto.

3.1.6 Vegetação

De acordo “*Manual Técnico da Vegetação Brasileira*” (IBGE), a classificação desta região fitoecológica tem as seguintes características: intensa presença de fanerófitos, mesofanerófitos, lianas lenhosas e epífitas em abundância. Contudo, a principal feição é a marcação da “*região florística floresta*” assim a Floresta Ombrófila Densa está associada aos fatores climáticos de elevada temperatura (médias de 25o C) e de alta precipitação bem distribuída durante o ano (de zero a sessenta dias secos). Os tipos presentes nesta região estão reunidos em cinco sub tipos de acordo com a altitude topográfica, resultado de suas diferentes fisionomias. A formação está inserida no contexto de submontana, 100 a 600 m entre 4° S e 16° N. A característica da submata é de plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade.

A vegetação primária encontra-se praticamente inexistente em função do avanço da agricultura e pecuária familiar em passado recente. Ocorrem pequenas e isoladas áreas onde ainda hoje podem ser observados exemplares típicos da planície aluvial. Em sua grande maioria a área é ocupada por pastagens formadas ou naturais, ou ainda em juquira (pastos abandonados com presença de plantas invasoras sem rendimento volumétrico/hectare). A vegetação (objeto da área de estudo) apresenta boa diversidade contudo de baixo valor, tendo a vegetação original sido gradativamente abatida ao longo dos anos.

A topografia é plana com ondulações suaves. A paisagem predominante é heterogênea, demonstrando interferência antrópica intensa e recente, intercalando pasto com juquiras e áreas de florestas secundárias. Ocorrem também pequenos fragmentos florestais, em diferentes graus de regeneração, cujo rendimento volumétrico estimado, numa avaliação dendrométrica nunca excede a 5,0 m³/ha, em média, quando se considera indivíduo arbóreo com DAP iguais ou maiores que 20,0 cm. O rendimento algumas vezes fica entre 20,0 e 50,0 m³/ha, quando se considera aglomerado de indivíduos arbóreos com DAP menor que 20,0 cm (BRANDT, 1989).

A presença de áreas de várzeas, onde predominam plantas herbáceas pertencentes a braquiária do brejo, quicuia e taboas também é verificada ao longo das áreas do depósito de estéril e acessos. Nas áreas de campo predominam braquiária e perpétuabranca. Destaca-se a inexistência de indivíduos de Castanheira do Pará (*Bertholletia excelsa*) e Açaí (*Euterpe oleracea*). Formações pouco densas de Inajá (*Attalea maripa*), Babaçu (*Orbygnia sp*), Macaúba (*Acrocomia aculeata*) ocorrem com frequência ao longo do trecho em estudo, especialmente nas áreas ocupadas atualmente por pastagens.

3.1.7 Áreas recuperadas (Setor 1 e Área 2)

As coordenadas aproximadas das áreas estudadas na Mina do Sossego são: 6° 28'20" - 6°30'00" S, 34°55'50" W e 10 a 75m de altitude. Os trabalhos de recuperação de áreas degradadas por meio do plantio de mudas foi realizado no setor 01 (Figura 01) ao lado direito da estrada de acesso à área administrativa da Mina do Sossego. A área de disposição do *topsoil* está localizada no lado esquerdo do acesso a área administrativa, conforme apontado no mapa de localização da Figura 3.

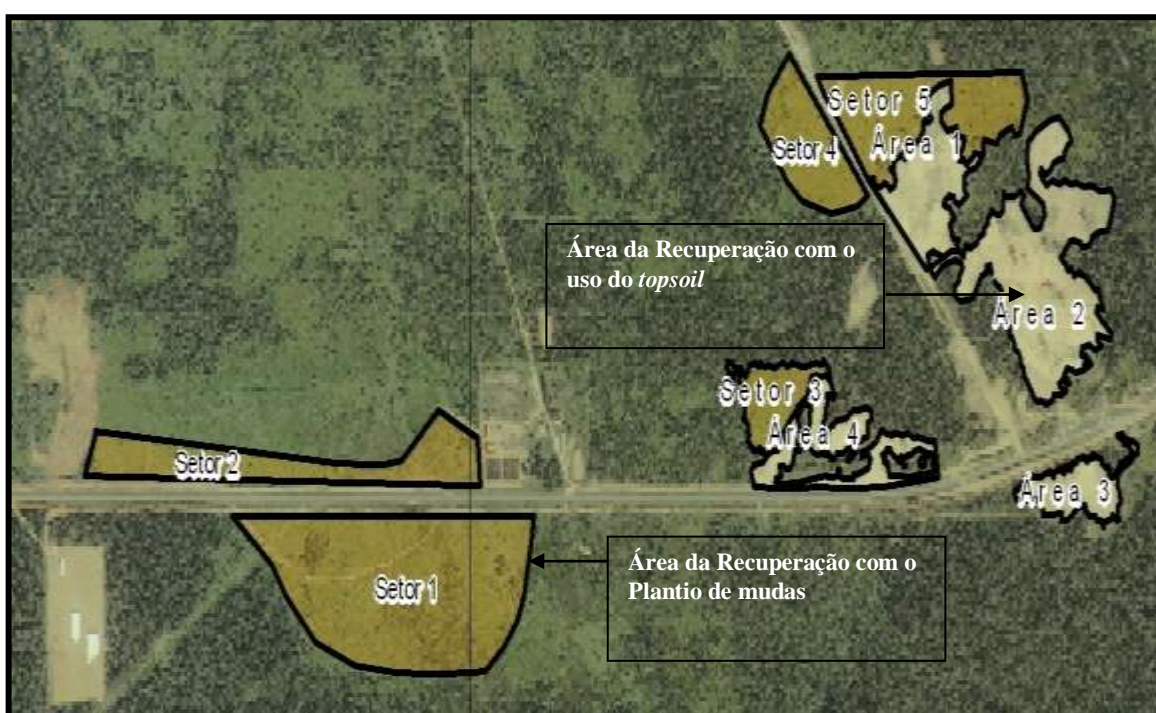


Figura 3 – Localização das áreas recuperadas por plantio de mudas e uso do *topsoil* – Mina do Sossego.

3.2 Descrição da recuperação de áreas degradadas através do plantio de mudas

3.2.1 Roço:

Consiste no corte manual e/ou mecânico das plantas forrageiras e/ou gramíneas (brachiária) caracterizadas como bastante agressivas antes da

implantação do plantio, de modo a impedir que as mesmas se desenvolvam e venha a competir com as espécies plantadas na área (Figura 4).



Figura 4 – Roço manual do capim brachiária antes do plantio de mudas-Mina do Sossego

3.2.2 Capina Manual:

A capina manual é um serviço que é executado antes da abertura das covas com o auxílio de uma enxada e/ou enxadão, objetivando o controle de plantas forrageiras, caracterizadas como bastante agressivas, de modo a impedir que as mesmas se desenvolvam e venham a competir com as espécies plantadas. Servem também para facilitar a marcação do coveamento antes do plantio das mudas. A capina (Figura 5) é realizada em faixa, com largura de 3 metros de uma faixa para outra, de centro a centro. A largura da faixa capinada é de 1 metro.



Figura 5 – Capina manual antes do plantio de mudas-Mina do Sossego

3.2.3 Marcação e abertura das covas:

Consiste em marcar nas faixas capinadas, o local onde será realizado o coveamento para posterior plantio das mudas. O espaçamento utilizado foi 3 m entre linhas e 2 m entre plantas. A identificação é feita com estacas de madeira ou bambu. A abertura é feita manualmente com a utilização de cavadeiras tipo alavanca e/ou boca-de-lobo (Figura 6). A dimensão das covas foi de 0,30m de largura, por 0,30m de comprimento e 0,40m de profundidade.



Figura 6 – Abertura de covas no setor 1-Mina do Sossego

3.2.4 Adubação das covas:

Consiste em incorporar na cova os adubos químicos e orgânicos antes do plantio das mudas. As covas são adubadas com 300g do fertilizante fosfatado Supersimples e 1,5 litros de adubo orgânico. Após a aplicação nas covas, os adubos foram misturados à terra retirada da cova e recolocados na cova com o auxílio de uma enxada e/ou pá.

3.2.5 Controle de formigas:

O controle de formigas foi realizado antes do início do plantio, para evitar o ataque destas nas mudas plantadas. Aplicou-se formicida na quantidade de 10 gramas por m².

3.2.6 Plantio

Foram plantadas 1.666 mudas por hectare, das espécies e famílias apresentadas na Tabela 1. O plantio das mudas, Figura 7, é feito retirando-se a

sacola plástica e/ou tubetes das mudas, tomando o cuidado de não se quebrar o torrão. Em seguida abriu-se uma cova do tamanho do torrão de modo a evitar o “afogamento” do colo da muda. E realizou-se o plantio, pressionando bem a terra com as mãos. As sacolas foram recolhidas e acondicionadas em coletores próprios para serem destinados ao local definitivo. O plantio das mudas foi realizado no início do período chuvoso. As mudas utilizadas foram preferencialmente de espécies nativas da região amazônica.



Figura 7 – Plantio de mudas no Setor 1-Mina do Sossego.

A realização do plantio foi feita no período chuvoso, entre os meses de Fevereiro e Março de 2006, conforme se observa no cronograma de trabalho (Figura 8) onde estão detalhadas todas as etapas e demais períodos das atividades realizadas nesta área.

		CRONOGRAMA DE TRABALHO																							
Item	SETOR 01	MESES DO ANO																							
		2006												2007											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	IMPLANTAÇÃO																								
1	Roço																								
2	Capina Manual																								
3	Marcação das covas																								
4	Abertura das covas																								
5	Adubação																								
6	Controle de formigas																								
7	Plantio																								
	PRIMEIRA/SEGUNDA MANUTENÇÃO																								
1	Roço																								
2	Coroamento																								
3	Adubação de cobertura																								
4	Controle de formigas																								
5	Replanteio																								
6	Aceiramento																								

Figura 8 – Cronograma dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas do setor 1.

Pode-se observar na Tabela 1 a lista das mudas utilizadas no plantio no setor 1 em 2006, por espécies e famílias botânicas.

Tabela 1 - Lista das espécies plantadas no Setor 1.

Família	Nome científico	Espécie
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Aroeira
	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara
	<i>Tapirira</i> sp.	Tatapiririca
	<i>Spondias lutea</i> L.	Cajá-do-mato
Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Bacaba
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Ipê-roxo
	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols	Ipê-amarelo
Boraginaceae	<i>Cordia bicolor</i> D. C.	Freijó-branco
Flacourtiaceae	<i>Lindackeria latifolia</i> Benth	Farinha-seca
Lecythidaceae	<i>Courupita guianensis</i> Aublet.	abricó-de-macaco
Leguminosae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Espinheiro-preto
	<i>Acassia</i> sp	Acassia-cigarra
	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth	Pata-de-vaca
	<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	Pau-preto
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
	<i>Inga alba</i> Willd.	Ingá-vermelho
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd	Inga
	<i>Ormosia arborea</i> Vell.	Olho-de-boi
	<i>Parkia paraensis</i> Ducke	Fava
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex D	Paricá	
Meliaceae	<i>Cedrela huberi</i> Ducke	Cedro
Polygonaceae	<i>Coccoloba molis</i> Casar	Folha-de-bolo
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo
Solanaceae	<i>Solanum asperum</i> L.	Cega-jumento
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Mutamba
	<i>Sterculia chicha</i> A.St. Hil	Axixa
Tiliaceae	<i>Apeiba echinata</i> Aubl	Pente-de-macaco
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> L.	Periquiteira
Papilionoideae	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Tento Carolina
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Abiurana

3.3 Manutenção das mudas plantadas no Setor 1.

A manutenção nas áreas onde foram plantadas as mudas consistiu de uma série de serviços, conforme estabelecido no PRAD com o objetivo de propiciar um desenvolvimento das mudas e sua função como restauradora do ecossistema impactado, nos anos posteriores ao plantio, conforme segue:

3.3.1 Roço:

Consiste no corte manual e/ou mecânico das plantas forrageiras e/ou gramíneas (*Brachiária sp*) caracterizadas como bastante agressivas, de modo a impedir que as mesmas se desenvolvam e venha a competir com as espécies plantadas na área. O roço é realizado antes e depois do período chuvoso, e são utilizadas ferramentas manuais e/ou motorizadas, evitando o corte das mudas plantadas e/ou regeneração existente na área.

3.3.2 Adubação de cobertura:

Trinta dias após o plantio, e com o solo úmido, foi realizada a primeira adubação de cobertura com a utilização de 30g do fertilizante sulfato de amônia ou 10g de uréia. A adubação de cobertura foi realizada com o período de 90 e 120 dias, após a primeira. No segundo ano, durante o período das chuvas a adubação foi efetuada duas vezes, num intervalo de 60 dias uma da outra, utilizando o formulado N-P-K 04-30-10, colocando 200g por muda.

3.3.3 Coroamento das mudas:

No início e no fim do período das chuvas foram executadas duas capinas em torno das mudas, com o uso de enxada, num raio de 1m. Este trabalho foi repetido no segundo ano.

3.3.4 Controle de formigas:

Foram realizadas as inspeções periódicas de campo para verificar o ataque de formiga. Quando constatado o ataque foi feito o controle através da aplicação de formicida na área infestada.

3.3.5 Aceiramento:

Todas as áreas de plantio foram mantidas com o serviço de aceiro, para fins de proteção contra incêndios. Os aceiros foram feitos com 2 metros de largura. As áreas foram inspecionadas com frequência no período de estiagem para verificação de focos de incêndio, obtendo-se com isso o máximo controle da área e das plantas ali instaladas.

3.4 Descrição de recuperação de áreas degradadas através da utilização de *topsoil*.

Diferentemente do plantio de mudas, o método de recuperação de áreas degradadas através da utilização do *topsoil* teve as seguintes etapas:

3.4.1 Supressão vegetal:

Consistiu no trabalho de remoção da vegetação existente através da utilização de tratores e motosserras nas áreas previamente autorizadas pelo órgão ambiental, conforme necessidade de ampliação de novas instalações na Mina do Sossego. Uma das áreas suprimidas de vegetação (Figura 9) foi realizada na área da Usina Hidrometalúrgica Carajás-UHC, no ano de 2006, tendo sido autorizada pelo órgão ambiental competente. Para subsidiar esse processo foram feitos os devidos inventários da área e por meio desse foi possível obter a lista das espécies existentes naquela área.



Figura 9 – Supressão vegetal com um trator D6 na área da UHC-Mina do Sossego

3.4.2 Limpeza da área

Após o serviço de supressão vegetal foi realizado o serviço de limpeza da área, retirando o material vegetal (galhadas e as madeiras) com a utilização de carregadeiras e caçambas. As madeiras são destinadas ao pátio de madeiras para classificação e a galhada foi destinada ao pátio de galhadas (Figura 10).



Figura 10 – Serviço de limpeza na área da UHC após a supressão vegetal-Mina do Sossego

3.4.3 Transporte e disposição de *topsoil*

O topsoil (termo em inglês para topo ou parte superior do solo) é composto de solo orgânico (camada superficial do solo) onde se concentram valores mais altos de matéria orgânica, bancos de sementes, propágulos, fauna do solo e nutrientes minerais. Segundo Manual de RAD (IBAMA, 1990), na prática a camada de *topsoil* é de 10 a 30cm de espessura. Sua remoção depende da perícia do operador do trator de esteira com lâmina.

Importante registrar que este material foi estocado próximo a área de supressão alguns meses, e depois transportado em caminhões tipo caçambas para a área a ser recuperada (área degradada), onde foi espalhado em toda área através do trator (D6) numa espessura de 20 cm.

Importante frisar que esta área foi anteriormente utilizada como área de empréstimo de material laterítico para uso nos acessos internos da área da mina, ficando a mesma totalmente degradada com solo exposto às intempéries.



Figura 11 – Distribuição do *topsoil* na área 2 através de um trator D6-Mina do Sossego

Considerando-se a importância de se conhecer a vegetação adjacente da área recuperada, visando trabalhar num contexto de mesma fisionomia vegetal, foi levantada a lista de espécies que ocorrem na área onde o *topsoil* foi retirado. Assim, foi possível avaliar se as espécies que se desenvolveram na nova área recuperada são as mesmas espécies vegetais que já estavam colonizando a área onde a vegetação foi suprimida. O anexo 1 apresenta a lista de espécies da flora identificadas na área de retirada do *topsoil* utilizado na recuperação da área 2.

3.5 Avaliação da Vegetação

A fitossociologia surgiu na Europa a partir de estudos realizados em sub-bosques das florestas implantadas e motivada pelas respostas da vegetação às variações espaciais e temporais geradas por fatores ambientais. Assim, os métodos fitossociológicos desenvolvidos na Europa Continental visaram, principalmente, os componentes herbáceos e arbustivos do sub-bosque (GARCIA, 1996).

No Brasil os estudos fitossociológicos tiveram início na década de 50 com os trabalhos realizados por Goodland nos cerrados do centro-oeste e os estudos sobre a estrutura da vegetação da floresta amazônica realizados por Pires e Black (1953).

A utilização de levantamentos fitossociológicos tem sido empregada em inúmeras situações, tais como em estudos de reabilitação de áreas mineradas (FERREIRA & et al, 1998), estudos e elaboração de metodologias de recuperação (NAU et al, 1998), como indicador da diversidade das espécies e sua distribuição

(SOARES, 1998), entre outros. Entretanto, sua utilização em projetos de recomposição ou enriquecimento da vegetação é limitada, quando não são apresentadas informações complementares, tais como sobre a preferência por determinada condição de saturação hídrica do solo e a que estágio de sucessão está associado cada espécie avaliada.

Esta análise em princípio não foi planejada no projeto deste estudo a avaliação da vegetação, no entanto foi necessário realizá-lo tendo em vista que as conclusões extraídas desse processo possibilitariam termos balizadores do nível de recuperação ambiental da área recuperada, com parâmetros objetivos e consagrados para estudos vegetacionais.

A expressão “análise fitossociológica” refere-se ao conjunto de medidas quali e quantitativas feitas sobre a vegetação de uma determinada área, cujos principais parâmetros analisados são diversidade, densidade, dominância e valor de cobertura.

3.6 Amostragem

O levantamento foi realizado em duas áreas distintas, sendo a primeira em processo de recuperação com o plantio de mudas e a segunda com o uso de *topsoil*. As áreas objeto de estudo, possuem cada uma 1 (um) hectare, e em cada uma delas foram instaladas 3 parcelas de 10m x 5 m. Foram medidos todos os indivíduos que estavam dentro da parcela. Para cada indivíduo, registrou-se o nome da espécie, o valor do CAP e a altura total. Foram obtidas as seguintes variáveis: altura total e CAP. Todos os indivíduos encontram-se marcados em campo, possibilitando sua identificação.

Os dados foram digitados e processados em planilhas do *Excel* (Microsoft), sendo obtidos os parâmetros da estrutura horizontal, que indicam a ocupação do solo pela espécie no sentido horizontal da floresta (Jardim & Hosokawa, 1987). As estimativas calculadas foram dominância (área basal), densidade e valor de cobertura (Brower & Zar, 1990). Também foram obtidas medidas de diversidade das espécies.

Diversidade de Espécies: Foi utilizado o índice de diversidade de Shannon (H'), o qual expressa a uniformidade relativa da abundância entre todas as espécies (MAGURRAN, 1988):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i (\ln p_i)$$

Onde $p_i = n_i / N$, ou o número de indivíduos da i -ésima espécie amostrada (n_i), pelo número total de indivíduos amostrados (N) e S é igual ao número de espécies amostradas.

Densidade Absoluta (DA_i) - Representa o número de indivíduos da i -ésima espécie (n_i), em relação a área amostrada em hectare (A):

$$DA_i = \frac{n_i}{A}$$

Densidade Relativa (DR_i) - Representa a porcentagem do número de indivíduos da i -ésima espécie (n_i), em relação ao número total de indivíduos amostrados (N):

$$DR_i = 100 \frac{n_i}{N}$$

Dominância Absoluta (DoA_i) - É a expressão da área basal da espécie (AB_i), pela área amostrada em hectare (A):

$$DoA_i = \sum \frac{\pi DAP^2}{4A}$$

Dominância Relativa (DoR_i) - É a porcentagem que representa a área basal da i -ésima espécie (AB_i), em relação a área basal total:

$$DoR_i = 100 \frac{DoA_i}{\sum_{i=1}^s DoA_i}$$

Valor de Cobertura (V_{Ci}) - É a soma da densidade e dominância relativas da i-ésima espécie:

$$VC_i = Dri + DoRi$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados encontrados e apresentados a seguir evidenciam valores relativos ao custo de implantação e manutenção para a recuperação de uma área degradada, bem como as condições em que as mesmas se encontram após dois anos de implantação de intervenção.

4.1 Custo com a recuperação de área com plantio de mudas (Setor 01)

Nas Figuras 12, 13 e 14, a seguir apresentam-se os custos de implantação e manutenção da cobertura vegetal em um hectare de área recuperada com plantio de mudas durante dois anos.

Nestes custos estão incluídos todas os passos já descritos no item 3.2. Do mesmo modo estão computados os custos com os insumos utilizados, tais como mudas, fertilizantes e inseticidas, bem como a mão-de-obra que é terceirizada na Mina do Sossego.

Nas manutenções os custos considerados incluem as etapas contidas no item 3.2 e os insumos acima listados. Pode-se observar uma diferença de custo da primeira manutenção em relação à do segundo ano. Isso se explica devido a quantidade de fertilizante utilizado, que no segundo ano superou o volume da manutenção do primeiro ano.

CUSTO DOS SERVIÇOS P/ HECTARE					
Item	SETOR 01		Rendimento	Preço unitário R\$	Preço Total
SERVIÇOS / IMPLANTAÇÃO					
1	Roço	H/d	400 m 2	71,16	1.779,00
2	Capina Manual	H/d	60 m 2	70,49	5.850,67
3	Marcação das covas	H/d	300 unid.	69,13	383,67
4	Abertura das covas	H/d	60 unid.	70,49	1.956,80
5	Adubação	H/d	300 unid.	68,45	379,89
6	Controle de formigas	H/d	0,60ha	69,13	115,21
7	Plantio	H/d	251 unid.	72,52	482,98
TOTAL					10.948,25

Item	SETOR 01		Quantidade/h á	Preço unitário R\$	Preço Total
INSUMOS / IMPLANTAÇÃO					
1	Mudas	unid.	1.666	0,16	266,56
2	Adubo químico	Kg	500	2,53	1.002,53
3	Inseticida	Kg	5	20,25	101,25
TOTAL					1.370,34

Item	SETOR 01	Preço Total
IMPLANTAÇÃO		
1	Serviços executados	10.948,25
2	Insumos utilizados	1.370,34
VALOR TOTAL DO HECTARE PLANTADO		12.318,59

Figura 12 – Planilha de custo para 1 hectare de área plantada com mudas no ano de 2006.

CUSTO DOS SERVIÇOS P/ HECTARE							
Item	SETOR 01		Rendimento	Preço unitário R\$	Preço 01 manutenção	Preço 02 manutenções	Preço 03 manutenções
SERVIÇOS / Manutenção 1ano							
1	Roço	H/d	400 m 2	94,87	0	0	7.115,25
2	Coroamento	H/d	70 unid.	93,98	0	4.473,44	0
3	Adubação de cobertura	H/d	600 unid.	69,48	0	0	577,45
4	Replantio	H/d	120 unid.	72,52	200,88	0	0
5	Aceiro	H/d	90 m 2	70,49	623,83	0	0
6	Controle de formigas	H/d	0,60ha	69,13	xx	230,42	0
TOTAL					824,71	4.703,87	7.692,70
TOTAL GERAL			13.221,28				

Item	SETOR 01		Quantidade/h á	Preço unitário R\$	Preço Total	Preço Total
INSUMOS / MANUTENÇÃO 1 ANO						
1	Mudas	unid.	166	0,16	26,56	26,56
2	Adubo químico	Kg	150	2,53	379,50	379,50
3	Inseticida	Kg	10	20,25	202,50	202,50
TOTAL					608,56	608,56

Item	SETOR 01	Preço Total
CUSTO TOTAL DA MANUTENÇÃO 1 ANO		
1	Serviços executados	13.221,28
2	Insumos utilizados	608,56
VALOR DO HECTARE COM A MANUTENÇÃO		13.829,84

Figura 13 – Planilha de custo da primeira manutenção para 01 hectare no setor 1 em 2006.

CUSTO DOS SERVIÇOS P/ HECTARE							
Item	SETOR 01		Rendimento	Preço unitário R\$	Preço 01 manutenção	Preço 02 manutenções	Preço 03 manutenções
SERVIÇOS / Manutenção 2 ano							
1	Roço	H/d	400 m 2	94,87	0	0	7.115,25
2	Coroamento	H/d	70 unid.	93,98	0	4.473,44	0
3	Adubação de cobertura	H/d	600unid.	69,48	0	384,91	0
4	Replanteio	H/d	120 unid.	72,52	0	0	0
5	Aceiro	H/d	90 m 2	70,49	623,83	0	0
6	Controle de formigas	H/d	0,60ha	69,13	115,21	0	0
TOTAL					739,04	4.858,35	7.115,25
TOTAL GERAL			12.712,64				
Item	SETOR 01		Quantidade/h á	Preço unitário R\$	Preço Total	Preço Total	
INSUMOS / MANUTENÇÃO 2 ANO							
1	Mudas	unid.	166	0,16	26,56	26,56	
2	Adubo químico	Kg	667	2,53	1.687,51	1.687,51	
3	Inseticida	Kg	5	20,25	101,25	101,25	
TOTAL					1.815,32	1.815,32	
Item	SETOR 01	Preço Total					
CUSTO TOTAL DA MANUTENÇÃO 2 ANO							
1	Serviços executados	12.712,64					
2	Insumos utilizados	1.815,32					
VALOR DO HECTARE COM A MANUTENÇÃO		14.527,96					

Figura 14 – Planilha de custo da segunda manutenção para 1 hectare no setor 1 em 2007

De acordo com a tabela acima apresentada na Figura 12, o custo por hectare com plantio de mudas foi de R\$ 12.318,59. Essa mesma área sofreu duas manutenções, uma no ano de 2006 e a outra em 2007, apresentando um custo por hectare de R\$ 13.829,84 e R\$ 14.527,96, respectivamente. Com isso o custo total por hectare considerando o plantio de mudas e as duas manutenções foi de R\$ 40.676,39.

4.2 Custo com a recuperação de área com o *topsoil* na Área 02

A recuperação da área 02 foi realizada com a utilização do *topsoil* procedente de supressão vegetal realizada na Mina do Sossego, na área da Usina Hidrometalúrgica Carajás-UHC. Esse material depois de retirado dessas áreas foi depositado e armazenado até o seu uso nas áreas objeto deste trabalho.

Para aplicação desse material não foi realizado nenhum tipo de tratamento na área 2. A aplicação foi feita com de uso de um trator D6, espalhando o topsoil numa camada em torno de 20 cm.

Para a recuperação desta área com *topsoil*, o custo por hectare foi de R\$ 16.947,00 (Figura 15), o equivalente aos serviços de retirada do material, transporte e disposição do mesmo na nova área. Nestes serviços foram incluídos especificamente os custos de hora/máquina para retirada de camada de 20 cm de espessura e transporte para o local onde ficou armazenado.

CUSTO DO HECTARE DE RECUPERAÇÃO COM O USO DO TOP SOIL						
Item			Preço unitário R\$	Quantidade	Área	Preço total R\$
SERVIÇO DE RETIRADA, TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO NA ÁREA						
1	Escavação (20CM) de camada superficial de top soil, carga, transporte e descarga até 2.000 metros de DMT	m ³	4,65	2.000m ³	10.000 m ²	9.300,00
2	Serviço de transporte de top soil por m ³ a cada Km de DMT	m ³	0,85	2.000m ³	4 Km(DMT)	6.800,00
3	serviço de nivelamento de top soil na área	hora	169,40	5 horas	-	847,00
CUSTO DO HECTARE DE RECUPERAÇÃO COM O USO DO TOP SOIL						16.947,00

Figura 15 – Planilha de custo para aplicação de topsoil em 01 hectare de área recuperada.

É necessário registrar que o custo de transporte do *topsoil* considerado no cálculo foi para uma Distância média de transporte - DMT de 4 km. Esse aspecto é importante, porque se a DMT para transporte e uso de *topsoil* em projetos for muito elevada, o custo por hectare certamente subirá. Esse ponto pode ser inclusive pesquisado em outros projetos de pesquisa que considerem na sua plenitude o uso de *topsoil* para recuperação de áreas degradadas.

4.3 Amostragem de vegetação no Setor 1

Os resultados obtidos foram de 3.400 indivíduos/ha, área basal de 0,000091 m²/ha e 0,000098 m³/ha de volume. Na tabela 2, apresentamos os dados referentes à densidade (n/ha), área basal (m²/ha) e volume do fuste (m³/ha) por classe diamétrica na comunidade inventariada. Foram identificados 3.400 em três classes diamétricas, onde a maior medida foi de 14,9 cm.

Tabela 2: Distribuição da Densidade, Área Basal e Volume, nas respectivas classes de diâmetro das espécies encontradas na área de plantio setor 1-Mina do Sossego.

Classe de circunferência	n/ha	m²/ha	m³/ha
<5	1200	0,000011	0,000010
5 a 9,9	2067	0,000068	0,000078
10 a 14,9	133	0,000012	0,000011
Total	3400	0,000091	0,000098

Na Figura 16 não se observa uma tendência exponencial, confirmando o padrão conhecido popularmente como "J" invertido, onde o número de indivíduos decresce de acordo com o aumento das classes de CAP. Dessa forma os dados mostram que distribuição diamétrica não evidencia que nesta área a composição vegetal é florestas inequidâneas (BARROS, 1986).

Essa distribuição mostra uma distribuição não uniforme, com a maior parte dos indivíduos (2067) na classe diamétrica entre 5 a 9,9 cm. Uma pequena parte dos indivíduos encontra-se na classe de maior diâmetro amostrada, entre 10 a 14,9 cm.

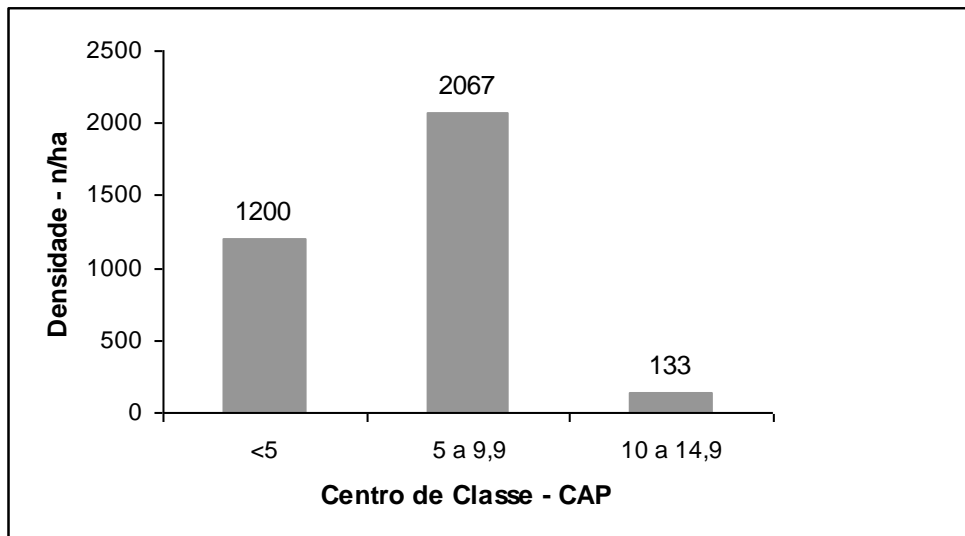


Figura 16 - Distribuição da densidade nas respectivas classes diamétricas, na área de plantio com mudas setor 1-Mina do Sossego.

Na figura 17 observam-se que as 10 (dez) espécies com maior densidade. As espécies *Schizolobium amazonicum* e *Acácia polyphylla* apresentaram a maior densidade de indivíduos/ha.

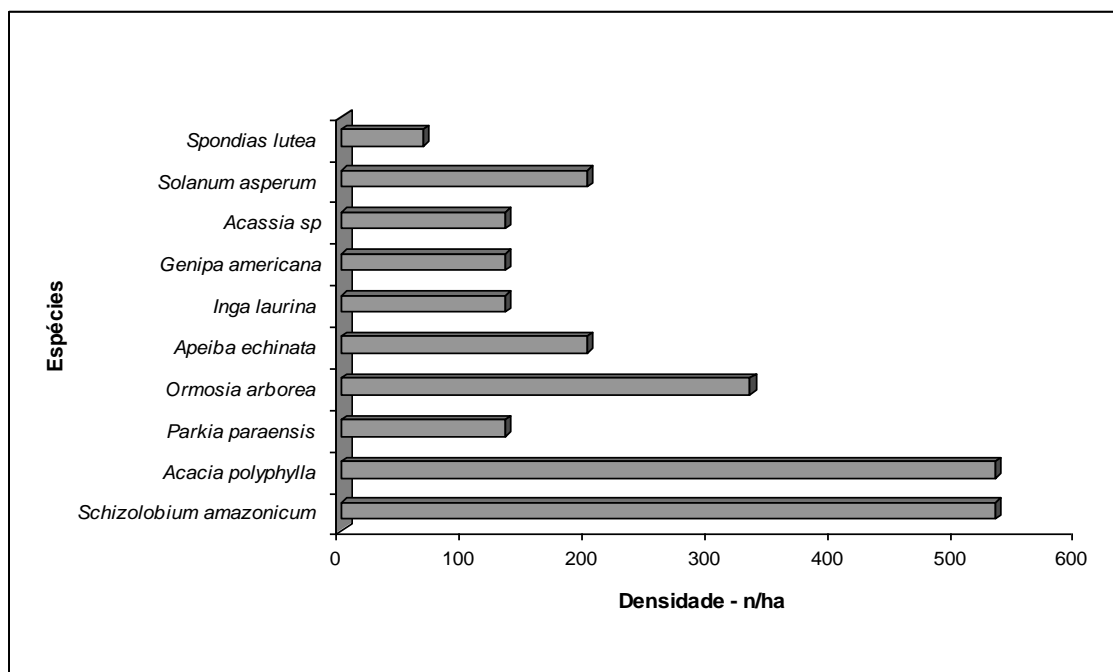


Figura 17. Distribuição das 10(dez) espécies com maior densidade na área de plantio com mudas setor 1-Mina do Sossego.

4.3.1 Composição Florística no setor 1

A lista florística foi determinada a partir das espécies amostradas na fitossociologia. A identificação taxonômica do material botânico, em nível de família, gênero e espécie foi realizada com o auxílio de literatura especializada, consulta a herbário e, quando necessário, de especialistas.

Na classificação das espécies será adotado o sistema de CRONQUIST (1998) e na grafia dos binômios, com seus respectivos autores o índice de espécies do KEW ROYAL BOTANICAL GARDEN (1993).

A composição florística da amostragem apresentou 22 espécies e 11 famílias. A família mais rica em espécies foi: *Leguminosae* com 10 espécies, *Anacardiaceae* 2, *Sterculiaceae* 2 e as demais cada uma com 1 espécie apenas (Tabela 3). O índice de Shannon foi estimado em $-2,80$ nats/indivíduo, valor considerado baixo para região de Carajás.

Tabela 3. Composição florística na área de plantio setor 1-Mina do Sossego

Família	Nome científico	Espécie
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Aroeira
	<i>Spondias lutea</i> L.	Cajá-do-mato
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols	Ipê-amarelo
Lecythidaceae	<i>Courupita guianensis</i> Aublet.	abricó-de-macaco
Leguminosae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Espinheiro-preto
	<i>Acassia</i> sp	Acassia-cigarra
	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth	Pata-de-vaca
	<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	Pau-preto
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
	<i>Inga alba</i> Willd.	Ingá-vermelho
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd	Inga
	<i>Ormosia arborea</i> Vell.	Olho-de-boi
	<i>Parkia paraensis</i> Ducke	Fava
	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Paricá
Meliaceae	<i>Cedrela huberi</i> Ducke	Cedro
Polygonaceae	<i>Coccoloba molis</i> Casar	Folha-de-bolo
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo
Solanaceae	<i>Solanum asperum</i> L.	Cega-jumento
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Mutamba
	<i>Sterculia chicha</i> A.St. Hil	Axixa
Tiliaceae	<i>Apeiba echinata</i> Aubl	Pente-de-macaco
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> L.	Periquiteira

4.3.2 Estrutura Horizontal da vegetação setor 1

A fisionomia da área inventariada caracterizou-se por apresentar a espécie *Schizolobium amazonicum* com maior valor de cobertura (VC=36,97), seguida das espécies, *Acacia polyphylla* (VC= 21,82), *Parkia paraensis* (VC=14,71), *Ormosia arborea* (VC=14,29), *Apeiba echinata* (VC=13,64) e o *Ingá laurinda* (VC= 10,10). Tais espécies são características de áreas secundárias na região de Carajás. Abaixo segue a Tabela 4, onde são apresentados os valores de densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), dominância absoluta (m2/ha) e relativa (ab%) e o valor de cobertura absoluto (VC) e relativo (VC%) para as espécies encontradas na área.

Tabela 4 - Valores de Densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), Dominância absoluta (m2/ha) e relativa (ab%), e Valor de Cobertura (VC) para as espécies encontradas na área de plantio de mudas setor 1-Mina do Sossego

Espécie	N/HA.	N%	M2/HA.	AB%	VC	VC%
<i>Schizolobium amazonicum</i>	533	15,69	0,000019	21,28	36,97	18,49
<i>Acacia polyphylla</i>	533	15,69	0,000006	6,14	21,82	10,91
<i>Parkia paraensis</i>	133	3,92	0,000010	10,79	14,71	7,35
<i>Ormosia arborea</i>	333	9,80	0,000004	4,49	14,29	7,15
<i>Apeiba echinata</i>	200	5,88	0,000007	7,76	13,64	6,82
<i>Inga laurina</i>	133	3,92	0,000006	6,18	10,10	5,05
<i>Genipa americana</i>	133	3,92	0,000005	5,83	9,75	4,88
<i>Acassia sp</i>	133	3,92	0,000005	5,19	9,11	4,56
<i>Solanum asperum</i>	200	5,88	0,000003	2,81	8,69	4,34
<i>Spondias lutea</i>	67	1,96	0,000005	5,83	7,79	3,90
<i>Inga alba</i>	133	3,92	0,000003	2,92	6,84	3,42
<i>Cenostigma tocantinum</i>	133	3,92	0,000002	2,17	6,09	3,05
<i>Tabebuia serratifolia</i>	133	3,92	0,000001	1,17	5,09	2,54
<i>Courupita guianensis</i>	67	1,96	0,000003	2,86	4,82	2,41
<i>Guazuma ulmifolia</i>	67	1,96	0,000003	2,86	4,82	2,41
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	67	1,96	0,000003	2,86	4,82	2,41
<i>Bauhinia pulchella</i>	67	1,96	0,000002	2,10	4,06	2,03
<i>Trema micrantha</i>	67	1,96	0,000002	2,10	4,06	2,03
<i>Sterculia chicha</i>	67	1,96	0,000002	1,76	3,72	1,86
<i>Coccoloba molis</i>	67	1,96	0,000001	1,46	3,42	1,71
<i>Hymenaea courbaril</i>	67	1,96	0,000001	0,93	2,89	1,45
<i>Cedrela huberi</i>	67	1,96	0,000000	0,52	2,49	1,24
Total	3400	100	0,0000910	100	200	100

4.4 Amostragem da Vegetação na Área 2

Os resultados obtidos foram de 10.800 indivíduos/ha, área basal de 0,001723 m²/ha e 0,007059 m³/ha de volume. Na tabela 5, apresentamos os dados referentes a densidade (n/ha), área basal (m²/ha) e volume do fuste (m³/ha) por classe diamétrica na comunidade inventariada. Nesta área foram encontradas espécies distribuídas em 8 (oito) classes de indivíduos de 5cm.

Tabela 5: Distribuição da Densidade, Área Basal e Volume, nas respectivas classes de diâmetro das espécies encontradas na área 2-Mina do Sossego

Classe de circunferência	n/ha	m ² /ha	m ³ /ha
<5	3667	0,000111	0,000254
5 a 9,9	2333	0,000087	0,000215
10 a 14,9	1400	0,000159	0,000518
15 a 19,9	1400	0,000346	0,001374
20 a 24,9	1333	0,000504	0,002291
25 a 29,9	333	0,000185	0,000827
30 a 34,9	200	0,000177	0,000829
35 a 39,9	133	0,000153	0,000751
Total	10800	0,001723	0,007059

Pode-se observar que o número de indivíduos decresce de acordo com o aumento das classes de CAP, com tendência exponencial, confirmando o padrão conhecido popularmente como "J" invertido, a qual representa a distribuição diamétrica em florestas inequidâneas (Barros, 1986) (Figura 18).

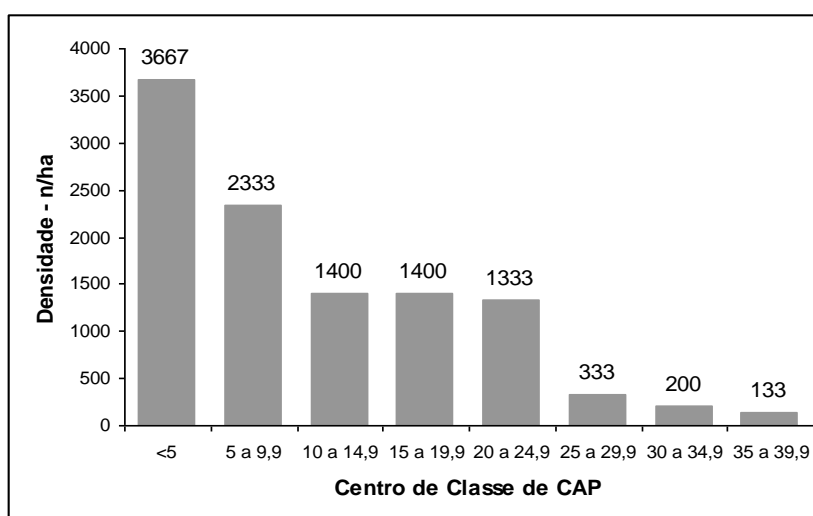


Figura 18-Distribuição da densidade nas respectivas classes diamétricas na área 2-Mina do Sossego

Na figura 19 observam-se as 10 (dez) espécies com maior densidade. A espécie *Trema micrantha* apresentou a maior densidade de indivíduos/ha (5533), seguida de *Solanum asperum* com 2.600 indivíduos/ha.

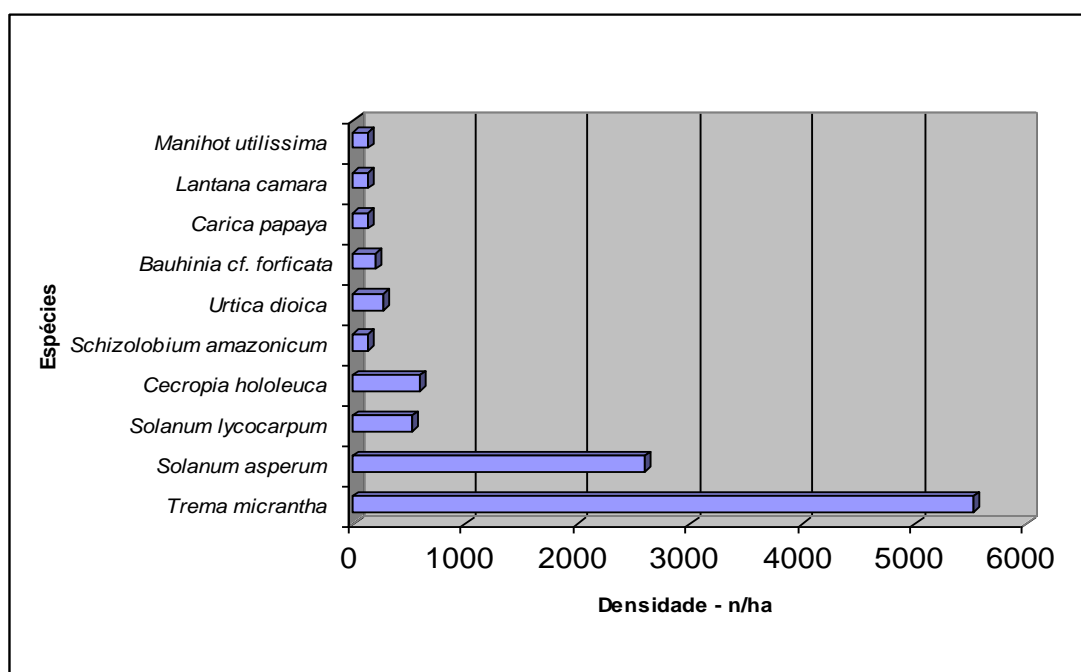


Figura 19 - Distribuição das 10 (dez) espécies com maior densidade na área 2-Mina do Sossego

4.4.1 Composição Florística Área 2

A lista florística foi determinada a partir das espécies amostradas na fitossociologia. A identificação taxonômica do material botânico, em nível de família, gênero e espécie foi realizada com o auxílio de literatura especializada, consulta a herbário e, quando necessário, de especialistas.

Na classificação das espécies da área 2, será adotado também o sistema de CRONQUIST (1998) e na grafia dos binômios, com seus respectivos autores o índice de espécies do KEW ROYAL BOTANICAL GARDEN (1993).

A composição florística da amostragem na área 2, apresentou 17 espécies e 13 famílias. As famílias mais ricas em espécies foram: *Leguminosae* com 3 espécies, *Solanaceae* e *Sterculiaceae* com 2 espécie (Tabela 6). O índice de Shannon foi estimado em $-1,61$ nats/indivíduo, valor considerado baixo para os limites esperados para florestas na região de Carajás.

Tabela 6- Composição florística na área 2-Mina do Sossego

Família	Nome científico	Espécie
Bignoniaceae	<i>Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols</i>	Ipê-amarelo
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra (L) Gaertn.</i>	Sumaúma
Caricaceae	<i>Carica papaya L.</i>	Mamão
Cecropiaceae	<i>Cecropia hololeuca Miq</i>	Embaúba
Euphorbiaceae	<i>Manihot utilissima Pohl.</i>	Mandioca-brava
Leguminosae	<i>Bauhinia cf. forficata Link</i>	Capa-bode
	<i>Inga alba Willd.</i>	Ingá-vermelho
	<i>Schizolobium amazonicum Huber ex Ducke</i>	Paricá
Ni	<i>Ni</i>	Casadinha
Sapotaceae	<i>Pouteria decorticans T.D.Penn</i>	Abiurana
Solanaceae	<i>Solanum asperum L.</i>	Cega-jumento
	<i>Solanum lycocarpum A. St. Hil.</i>	Loubeira
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>	Mutamba
	<i>Sterculia chicha A.St. Hil</i>	Axixa
Ulmaceae	<i>Trema micrantha L.</i>	Periquiteira
Urticaceae	<i>Urtica dioica Lineu</i>	Urtiga-asul
Verbenaceae	<i>Lantana camara L</i>	Chumbinho

4.4.2 Estrutura Horizontal da vegetação área 2

A fisionomia da área inventariada caracterizou-se por apresentar a espécie *Trema micrantha* com maior valor de cobertura (VC=134,84), seguida da espécie *Solanum asperum* com VC= 30,01. As demais espécies apresentam VC abaixo de 10. Abaixo segue a Tabela 7, onde são apresentados os valores de densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), dominância absoluta (m²/ha) e relativa (ab%) e o valor de cobertura absoluto (VC) e relativo (VC%) para as espécies encontradas na área.

Tabela 7-Valores de Densidade absoluta (n/ha) e relativa (n%), Dominância absoluta (m2/ha) e relativa (ab%), e Valor de Cobertura (VC) para as espécies encontradas na área 2-Mina do Sossego

Espécie	N/HA.	N%	M2/HA.	AB%	VC	VC%
<i>Trema micrantha</i>	5533	51,23	0,0014409	83,61	134,84	67,42
<i>Solanum asperum</i>	2600	24,07	0,0001023	5,94	30,01	15,01
<i>Solanum lycocarpum</i>	533	4,94	0,0000485	2,82	7,75	3,88
<i>Cecropia hololeuca</i>	600	5,56	0,0000291	1,69	7,24	3,62
<i>Schizolobium amazonicum</i>	133	1,23	0,0000656	3,81	5,04	2,52
<i>Urtica dioica</i>	267	2,47	0,0000077	0,45	2,92	1,46
<i>Bauhinia cf. forficata</i>	200	1,85	0,0000050	0,29	2,14	1,07
<i>Carica papaya</i>	133	1,23	0,0000056	0,33	1,56	0,78
<i>Lantana camara</i>	133	1,23	0,0000039	0,23	1,46	0,73
<i>Manihot utilissima</i>	133	1,23	0,0000039	0,23	1,46	0,73
<i>Guazuma ulmifolia</i>	133	1,23	0,0000027	0,15	1,39	0,69
<i>Ceiba pentandra</i>	67	0,62	0,0000034	0,20	0,81	0,41
<i>Sterculia chicha</i>	67	0,62	0,0000026	0,15	0,77	0,38
<i>Ni</i>	67	0,62	0,0000013	0,08	0,69	0,35
<i>Inga alba</i>	67	0,62	0,0000005	0,03	0,64	0,32
<i>Tabebuia serratifolia</i>	67	0,62	0,0000002	0,01	0,63	0,31
<i>Pouteria decorticans</i>	67	0,62	0,0000001	0,00	0,62	0,31
Total	10800	100	0,0017234	100	200	100

4.5 Comparação entre os dois métodos de recuperação

4.5.1 – Análise comparativa de custo

A recuperação de uma área através do método tradicional (plantio de mudas) é o mais conhecido, porém, ele tem uma série de desvantagens que um bom projeto de áreas degradadas, deve-se levar em consideração antes da sua aprovação e implantação.

Foram levantados também os custos do plantio de mudas em áreas de outra mina da Vale, Mina de Ferro Carajás, Município de Parauapebas, Pará. O custo por hectare para os projetos de recuperação de área degradada na Mina do Sossego, não varia muito quando comparado em relação aos custos da mina de Ferro Carajás, levando-se em conta que as duas unidades praticam o mesmo

procedimento, realização do plantio de mudas e duas manutenções posteriores. Em ambas unidades da Vale, as empresas que realizam estes serviços são terceirizadas (Figuras 20 e 21).

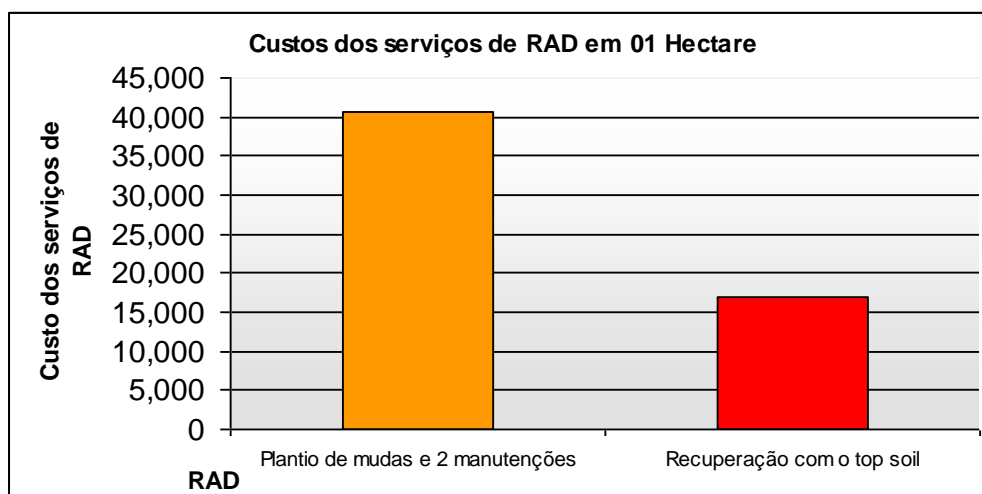


Figura 20 – Gráfico comparativo da recuperação de áreas pelo método plantio de mudas e uso de *topsoil* na Mina do Sossego – Fonte Vale – Mina do Sossego.

O custo da recuperação pelo método alternativo *topsoil*, é menor quando comparado com o plantio de mudas, conforme verificado tanto nas áreas da Mina do Sossego e de Ferro Carajás, além da rapidez no estabelecimento da vegetação nas áreas em recuperação. Por outro lado o custo por hectare para o *topsoil* na Mina de Ferro foi inferior em relação aos custos da Mina do Sossego, por causa da distância média de transporte-DMT considerada (apenas 2 Km) (Figura 16). Observa-se que este é um ponto de melhoria na gestão do custo de RAD, quando o projeto considerar o uso desse material.

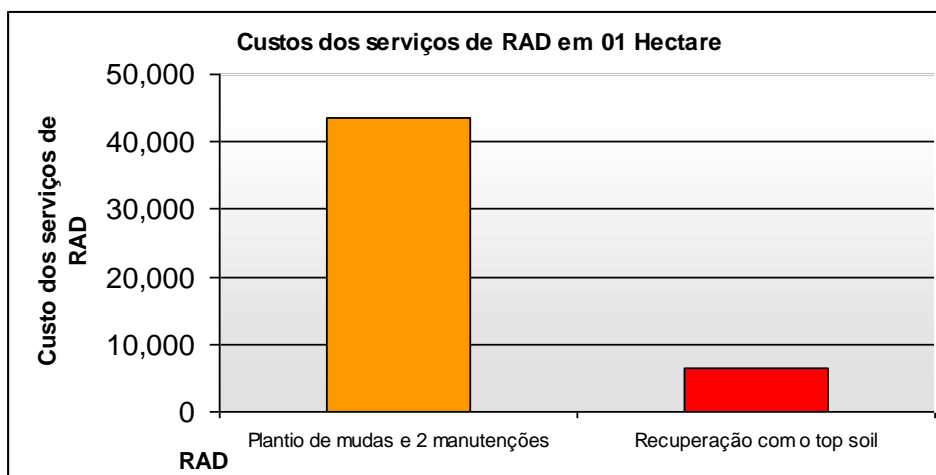


Figura 21 – Gráfico comparativo da recuperação de áreas pelo método plantio de mudas e uso de *topsoil* na Mina de Ferro Carajás – Fonte Vale – Mina de Ferro Carajás.

Desta forma, a utilização do método alternativo de uso do *topsoil*, é uma boa solução para que se possa avançar no processo de recuperação de áreas degradadas, minimizando os impactos ambientais, oriundos das atividades de mineração. As diferenças de custo entre o método de recuperação com plantio de mudas (R\$ 40.676,39) e o uso de *topsoil* (R\$ 16.947,00) foi de R\$ 23.739,29, correspondente a 58,33 %, ou seja, é 2,4 vezes mais caro recuperar um hectare com o método de plantio de mudas que utilizar o método de alternativo de uso do *topsoil*.

4.5.2 Análise comparativa da eficiência na recuperação das áreas recuperadas em cada método.

Visualmente nas Figuras 22 (Método de Plantio de Mudanças - setor 01) e nas Figuras 23 (uso de *topsoil* - área 02), pode-se observar as duas áreas antes e depois do plantio/desenvolvimento da vegetação. Identificando-se de forma clara a maior eficiência no método de recuperação utilizando *topsoil*, onde se observa uma densidade florística de 10.800 indivíduos/ha quando comparada à área com plantio de mudas, onde a densidade florística foi de 3.400 indivíduo/ha.



Figura 22 – Lado esquerdo - setor 1 antes do plantio; Lado direito - setor 1, dois anos após o plantio-
Mina do Sossego

Figura 23 – Lado esquerdo - área 2 antes do plantio; Lado direito - área 2, dois anos após o plantio-



Mina do Sossego

Abaixo se pode observar outros registros fotográficos de áreas onde o método já vem sendo testado, tais como depósitos de estéril e áreas de acesso internos da mina (Figura 24).



Figura 24 – Lado esquerdo – depósito de estéril antes do plantio; Lado direito – depósito de estéril, dois anos após o plantio-Mina do Sossego

A composição florística da amostragem na área 2, apresentou 17 espécies e 13 famílias. As famílias mais ricas em espécies foram: *Leguminosae* com 3 espécies, *Solanaceae* e *Sterculiaceae* com 2 espécies. A composição florística da amostragem apresentou 22 espécies e 11 famílias. A família mais rica em espécies foi: *Leguminosae* com 10 espécies, *Anacardiaceae* 2, *Sterculiaceae* 2 e as demais cada uma com 1 espécie apenas.

Quando comparados em relação à diversidade de espécies nas áreas plantadas com mudas (Tabela 1) das 30 espécies utilizadas no plantio após 24 meses identificou-se 22 espécies, o que demonstra uma boa diversidade florística na área, apesar de na amostragem só aparecerem as 22 espécies, demonstrando uma redução de oito espécie em relação ao plantio. Quanto à área recuperada com *topsoil*, identificou-se após 24 meses de implantação do método um total de 17 espécie. Trata-se de uma menor riqueza quando comparada com o setor 1.

A área basal na área 2 (*topsoil*) foi de 0,001723 m²/ha e o volume de 0,007059 m³/ha, enquanto no setor 1 foi de 0,000091 m²/ha e 0,000098 m³/ha respectivamente.

O índice de diversidade no setor 1 foi de -2,80, enquanto que o índice de -1,61, da área 2 foi menor. Com um índice de diversidade menor, mais uma densidade maior, a atratividade dessa área para a fauna foi positiva. Durante a avaliação da vegetação pode-se observar a presença típica de vestígios de fauna (fezes, penas, pegadas), pássaros, pequenos e médios mamíferos (Figura 25).

O maior índice de Valor de Cobertura para a o setor 1 foi de VC=36,97, do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e para a área 2 foi de VC=134,84, da Piriquiteira (*Trema micrantha*). Cabe registrar que no setor 1 o Paricá (*Schizolobium amazonicum*) foi usado no plantio em 2006. O que pode explicar sua presença também é o fato de que a mesma ocorre em diversos outros fragmentos florestais isolados que aparecem na fitofisionomia da Mina do Sossego. Também nessa linha, a ocorrência da espécie *Schizolobium amazonicum* (se explica pelo fato de que na área onde foi extraído o topsoil, originalmente havia muitos indivíduos dessa espécie como se pode observar no Anexo 1.



Figura 25 – Registro de fezes de mamíferos de médio porte na área onde se fez uso de *topsoil para vegetação* - Mina do Sossego

Durante o período de 2006 a 2007, pode-se observar que a área onde foi realizado o plantio de mudas, as mesmas não se desenvolveram muito bem apesar das manutenções executadas neste setor, as mudas tiveram um crescimento lento,

chegando a atingir apenas 14,9 cm de CAP, enquanto que nas áreas de *topsoil* o maior CAP medido foi de 39,9 cm, portanto 2,6 vezes maior. Isso pode ser explicado, devido à concorrência das plantas com a infestação do capim *Brachiária sp*, que pode ter dificultado o desenvolvimento das mudas, abafando-a e competindo com as mesmas em nutrientes e possivelmente água no local. De todo modo, isso também explica que a prática, já considerada de maior custo, ainda requeria maiores investimentos para garantir a sobrevivência dessas espécies nessas condições.

Da mesma forma o desenvolvimento da área 2 tende a ser mais promissor tendo em vista que foram identificadas 8 classes diamétricas, ou seja há indivíduos já adultos e indivíduos jovens indicando que a área encontra-se em pleno desenvolvimento e sinais de regeneração natural, conforme pode se observar na Figura 26.



Figura 26 – Sinais de regeneração natural na área 2-Mina do sossego.

Uma característica importante que deve ser levada em conta, é que no plantio de mudas, na amostragem feita não foi observada a presença de vestígios de fauna. Esse aspecto pode ser explicado pela baixa densidade, o que não tem propiciado sombras e/ou refúgios para as espécies faunísticas.

Ao comparar a listagem das espécies plantadas no setor 1, em 2006, com as espécies registradas na amostragem em 2007, observou-se que as espécies, *Astronium lecointei*, *Cordia bicolor*, *Tapirira sp*, *Oenocarpus bacaba*, *Tabebuia impetiginosa*, *Lindackeria latifolia*, *Ormosia paraensis* e *Pouteria torta* não foram encontradas na amostra. É possível que no momento do plantio tais espécies tenham sido distribuídas num único setor, e a parcela amostral não cobriu tal área ou houve a morte ou perda dessas espécies. Sabe-se que parte delas são espécies de classe sucessionais tidas como secundárias tardias ou climácicas, e que são exigentes em sombra. Neste ambiente, com pouca densidade vegetal, a maior parte do tempo ao longo dos dois anos, houve maior incidência de luz a sombra.

Diferentemente do plantio de mudas, a utilização do *topsoil* na área 02, mostrou-se uma ótima alternativa para a recuperação de áreas degradadas com uma riqueza incalculável de propágulos, bancos de sementes e microorganismos que vão beneficiar de forma positiva a qualidade ambiental dos ecossistemas degradados, propiciando acima de tudo, uma diversidade de espécies florestais que vão se desenvolver naturalmente nesta área. Pode-se observar a quantidade de serrapilheira e matéria orgânica que está sendo formada na área 2 (Figura 27).



Figura 27 – Formação de serrapilheira e matéria orgânica na área 2-Mina do sossego.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

A utilização do método alternativo de uso do *topsoil* mostrou ser uma ótima solução para que se possa avançar no processo de recuperação de áreas degradadas, minimizando os impactos ambientais, oriundos das atividades de mineração. As diferenças de custo entre o método de recuperação com plantio de mudas (R\$ 40.676,39) e o uso de *topsoil* (R\$ 16.947,00) foi de R\$ 23.739,29, correspondente a 58,33 %, ou seja, é 2,4 vezes mais caro recuperar um hectare com o método de plantio de mudas que utilizar o método de alternativo de uso do *topsoil*.

Outro fator importante que deve ser levado em consideração é a disponibilidade de mudas específica da região, levando-se em conta que não se encontra mais com facilidade na região plantas matrizes para se fazer à coleta de sementes para a produção de mudas, devido ao desmatamento das florestas para uso de pastagens das grandes fazendas da região.

Identificou-se de forma clara a maior eficiência no método de recuperação utilizando *topsoil*, onde se observou uma densidade florística de 10.800 indivíduos/ha quando comparada à área com plantio de mudas, onde a densidade florística foi de apenas 3.400 indivíduos/ha.

O índice de diversidade no setor 1 foi de $H'=2,80$ devido a inclusão de um número bastante diversificado de espécies, enquanto que o índice de $H'=1,61$, da área 2 foi menor, o que se explica devido ser um processo natural de regeneração. O maior índice de Valor de Cobertura para a o setor 1 foi de $VC=36,97$, do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e para a área 2 foi de $VC=134,84$, da Piriquiteira (*Trema micrantha*).

As mudas plantadas no setor 1 tiveram um crescimento lento, chegando a atingir apenas 14,9 cm de CAP, enquanto que nas áreas de *topsoil* o maior CAP medido foi de 39,9 cm, portanto 2,6 vezes maior.

Não foi detectada na amostragem a presença de vestígios de fauna. Esse aspecto pode ser explicado pela baixa densidade do setor 1, o que não tem propiciado sombras e/ou refúgios para as espécies faunísticas.

Observou-se que as espécies, *Astronium lecointei*, *Cordia bicolor*, *Tapirira sp*, *Oenocarpus bacaba*, *Tabebuia impetiginosa*, *Lindackeria latifolia*, *Ormosia paraensis* e *Pouteria torta* não foram encontradas na amostra do setor 1.

De acordo com os resultados essas áreas devem ser objeto de estudos futuros. No monitoramento devem ser considerados a avaliação e acompanhamento da qualidade do solo (abrangendo a qualidade física e química), a instalação de parcelas permanentes de monitoramento de fauna e flora, e devem ser medidas as características qualitativas e quantitativas da matéria orgânica nas áreas de experimentos.

Neste particular, é importante que os PRAD's sejam revisados e esta metodologia venha a fazer parte do seu escopo de trabalho, possibilitando um avanço maior na recuperação de áreas degradadas, melhorando o planejamento da gestão ambiental, e propiciando de forma positiva o cumprimento dos aspectos legais, no que tange a qualidade ambiental na área de mineração, favorecendo o atendimento mais rápido à legislação, e promovendo a sustentabilidade ambiental através da implementação dessa nova metodologia na recuperação de áreas degradadas na área da mineração.

Contudo, deve-se ter em mente que, mesmo dispondo de uma metodologia adequada e de recursos para a sua implementação, o resultado "final", ou seja, a recomposição de uma floresta madura, é um processo que se dará numa escala de tempo, não de meses ou anos, e sim de décadas, já que a escala de tempo constitui-se no delineador dos modelos de dinâmica vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1989. **Degradação do solo: Terminologia**. NBR 10703, São Paulo. 45p.
- BARBOSA, L. M. GISLER, C. V. T.; ASPERTI, L. M. Desenvolvimento inicial de oito espécies vegetais arbóreas em dois modelos de reflorestamento implantados em área de mata ciliar degradada em Santa Cruz das Palmeiras, SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3.,Ouro Preto, 1997. **Anais**. Viçosa: UFV / SOBRADE, 1997. p.437-445.
- BARBOSA, L.M. **Manual sobre princípios da recuperação vegetal de áreas degradadas**, São Paulo. SMA/CEAM/CIMP, 2000, 76p.
- BARROS, P. L. C. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto de Curuá-Una, Amazônia brasileira**. Curitiba: UFPR, 1986. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1986.
- BLUM, W. E. H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W. H.;VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Eds.). **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p.1-16.
- BRANDT, W. **Avaliação de Cenários em planos de Fechamento de minas**, 1989.
- BROWER, J. E. ; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. Wm.C.Brown Company, 194p., 1990.
- BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain forest in the light of successional process**. Turrialba, San Jose, v. 15, n. 1, p. 40-42, jan./mar. 1965.
- CAMPOS, L.F. **Plano de recuperação de áreas degradadas – Parque Municipal de Paragominas (PA)**. Instituto Ambiental Vale do Rio Doce, São Luís, Maranhão. 37p. 2006.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y. & CASTRO, C. F. A. **Funções Múltiplas das Florestas: Conservação e Recuperação do Meio Ambiente**. Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, SP, 1990. 216-217p.
- CARPANEZZI, A.A. Fundamentos para reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A.P.M. & PORFÍRIO DA SILVA, V. (Ed). **Restauração Florestal: Fundamentos e Estudos de Caso**. Colombo: Embrapa Floresta, p. 27-45. 2005.

- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. The New York. Botanical Garden, New York. 1998. 555p.
- CUNHA,L.O.; OLIVEIRA,A.D.; OLIVEIRA FILHO,A.T., & ROSADO,S.C.S. Análise técnico-econômica da reabilitação de dunas de rejeito mineral em Mataraca. PB. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, IV, 2000, Anais**. Blumenau-SC, CD-Rom.
- DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: Dias, L.E. & Mello, J.W.V. (eds.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Univ. Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. 251p.
- DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Investidor guide's. Mining in Brazil**. Basic information for the investidor. Information captured at <http://www.dnpm.gov.br/>. 2000.
- DURIGAN,G. & DIAS,H.C.S. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada. In: **CONGRESSO FLORESTA BRASILEIRO, VI**, Campos do Jordão. Anais... São Paulo, 1990. p.308-312.
- EINLOFT,R.; OZÓRIO,T.F., & SILVA JUNIOR,W.M. **Técnicas de revegetação para recuperação de áreas degradadas**. Ação Ambiental, Viçosa-Mg. n. 10, p.19-20, 2000.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica, RJ: EMBRAPA –CNPAB, 1992. 11 p. (Comunicado).
- GARCIA, A. Projeto de recuperação de matas ciliares. FRDSA, 1996. 11P. (não publicado).
- GRIFFITH, J. J. **Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: uma revisão bibliográfica**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1980.51 p. (SIF. Boletim Técnico, 2).
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. **Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa**. Saneamento Ambiental, São Paulo, n.37, p.28-37,1996.
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; MARCO JÚNIOR, P. **A recuperação ambiental**. Rev. Ação Ambiental, v.2, n. 10, p.8-11, 2000.
- IBAMA. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA. 96p. 1990.

- IBRAM. **Mineração e meio ambiente**. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), Brasília, 1992.
- IBRAM. **Mineração e meio ambiente**. Belo Horizonte, 1987. 59p. de Mineração (IBRAM).
- CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1992. p.75-92.
- JARDIM, F. C. S. & HOSOKAWA, R. T. 1986/87. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazônica**, 16/17 (único):411-507.
- JESUS, R. M. **Revegetação: da teoria à prática: técnicas de implantação**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de Áreas Degradadas: anais**. Curitiba: FUPEF, 1994. p. 123-134.
- KAGEYAMA, P. Y. Coord. **Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP**. *Seriei Técnica-IPEF*, v.8 (25), 1992a. 1-43p.
- KAGEYAMA, P. Y. and Gandara, F. B. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: Cullen Jr, L., Valadares-Padua, C e Rudran R. (organizadores; Adalberto José do Santos... [et al]. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2 ed, Curitiba: Editora Universidade Federal do Paraná, 2006, 652 p.
- KAGEYAMA, P.Y. **Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade**. In: **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, II, Anais...**Foz de Iguaçu, 1994. p.569-760.
- KAGEYAMA, P.Y.; REIS,A. & CARPANEZZI,A. Potencialidades e restrições de regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, II, Anais...**Curitiba, Pr, 1992b. UFPR, p1-7.
- ROYAL BOTANIC GARDENS - KEW. **Index Kewensis on compact disc - manual**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 67 p.
- KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. **Áreas degradadas e sua recuperação**. *Informe Agropecuário*, v.22, n.210, p.10-17, 2001.

- KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; BARCIK, C. **Recuperação de áreas degradadas: conceito, um exemplo e uma sugestão.** Bio., n.6, p.95-102, 1993.
- MACEDO, A. C., **Restauração de matas ciliares e de proteção ambiental.** São Paulo, Fundação Florestal, SMA, 1993, 27p.
- MAGURRAN, A. - **Ecological diversity and its measurement.** Cambridge, British Library, 1988, 177 p.
- MASCHIO, L.; GAIAD, S.;MONTTOYA, L.; CURCIO, G.R.; RACHWAL, M. F. G.; CAMARGOBC. M. S.; BATTI, A. M. B. Microorganismos e auto sustentação de ecossistemas em solos alterados. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Anais...** 1992, Curitiba. Curitiba: FUPEF, 1992. p.440-445.
- NAU, S. R. & SEVEGNANI, L. Vegetação recolonizadora em mina de argila e propostas para recuperação ambiental. In: **Simpósio Nacional de recuperação de Áreas Degradadas**, 3. Ouro Preto, MG. 18-24/05/1998.
- ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.
- PRIMAVESI, A.M. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo, Nobel, 541p., 1981.
- PIRES,J.M.; DOBZHANSKY,T. & BLACK,G.A. An estimate of the number of species of trees in an Amazonian forest community. **Botanical Gazette**, Chicago,114: 467-77,1953.
- ROLIM, S. & JESUS, R., **Plano de recuperação de áreas degradadas - Mina de Ferro Carajás.** Instituto Ambiental Vale do Rio Doce-IAVRD, Parauapebas, Pará. 2003.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista brasileira de horticultura Ornamental.** Campinas, v.2 n.1, p. 4-15, 1996.
- SALVADOR, J.G.L. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rio e reservatórios.** São Paulo: CESP, 1987. (Série divulgação e informação, 105).
- SÃO PAULO (Estado) Secretaria de Meio Ambiente/Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação e Pesquisa Ambiental. **Manual sobre Princípios de Recuperação Vegetal de Áreas Degradadas:** Elaborado por Luiz Mauro Barbosa. São Paulo, SMA/CEAM/CINP, 2000. 76p.

- SER. **Primer on Ecological Restoration Working Group**. Society for Ecological Restoration Science & Policy. 9p, 2002.
- SIQUEIRA, L.P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo**, Brasil. 2002. 116f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2002.
- SOARES, P. R.B. & PEREZ FILHO, A. Recomposição de mata ciliar em planícies de inundação: proposta metodológica. In: **Simpósio Nacional de recuperação de Áreas Degradadas**, 3. Ouro Preto, MG. 18-24/05/1998.
- VALCARCEL, R., **Manejo de bacias hidrográficas**. Apostila 120p. – UFRRJ. 2004.
- VIANA, V. M. **Tópicos em ciências florestais**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1990. 43 p. Não publicado.
- ZAVITKOSVKI, J.; NEWTON, M. Ecological importance of snowbrush *Ceanothus velutines* in the Oregon Cascades. **Ecology**, Tempre, v. 49, n 6, p. 1134-1145, 1968.

ANEXOS

ANEXO 1 – Lista das espécies vegetais da área suprimida da UHC – Mina do Sossego seus parâmetros fitossociológicos.

ANEXO 1 – Lista das espécies vegetais da área suprimida da UHC – Mina do Sossego e seus parâmetros fitossociológicos

Estimativas de Densidade relativa (DR%), Dominância Relativa (DoR), Frequência Relativa (FR%), Valor de Cobertura (VC%) e Valor de Importância (VI%) da área inventariada em 2005, Usina Hidrometalúrgica-UHC, Mina de Cobre do Sossego, Canaã dos Carajás (PA).

Nome Científico	DR	FR	DoR	VC (%)	VI (%)	Alt. Med.	Alt. Max.	Alt. Min.
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	17,95	3,76	12,52	15,23	11,41	11,95	19	5
<i>Jaracatia spinosa</i> Aubl.	8,25	2,85	8,25	8,25	6,45	9,14	15	5
<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	6,32	2,95	6,03	6,18	5,1	12,41	22	7
<i>Acacia espinhosa</i>	4,92	3,56	4,46	4,69	4,31	10,64	20	6
<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	4,58	3,05	4,67	4,63	4,1	8,69	14	5
<i>Metrodorea flavida</i>	4,58	2,54	2,42	3,5	3,18	8,41	12	5
<i>Inga edulis</i> Mart.	3,41	3,05	2,8	3,1	3,09	11,18	18	6
<i>Protium palidum</i> Cuatrec.	2,35	2,34	4,37	3,36	3,02	12,18	20	6
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	2,2	2,75	1,94	2,07	2,3	10,21	18	6
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	2,2	2,85	1,76	1,98	2,27	10,4	20	7
<i>Apeiba echinata</i> Aubl	2,54	2,03	2,03	2,28	2,2	8,61	15	5
<i>Maximiliana martiana</i> Karst.	1,21	2,14	2,51	1,86	1,95	8,19	16	4
<i>Zanthoxylon acreana</i> Krase	1,86	1,73	2,22	2,04	1,94	12,43	25	7
<i>Pouroma</i> sp.	1,74	2,03	1,41	1,57	1,73	9,17	19	7
<i>Cordia bicolor</i> D. C.	1,29	2,24	1,27	1,28	1,6	10	20	6
<i>Spondias mombin</i> L.	2,12	1,32	1,25	1,68	1,56	8,7	16	6
<i>Perebea mollis</i> Planch. & Endl.) Huber	1,02	2,14	0,99	1,01	1,38	10,26	15	7
<i>Sloanea obtusifolia</i>	1,67	0,92	1,46	1,56	1,35	9,43	13	3
<i>Schefflera morototoni</i>	0,98	1,42	1,38	1,18	1,26	13,42	23	6
<i>Sterculia pilosa</i> Ducke	0,45	0,92	2,29	1,37	1,22	15	23	8
<i>Guarea kunthiana</i> Juss	0,95	1,12	0,97	0,96	1,01	9,32	14	6
<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn.	0,15	0,31	2,53	1,34	0,99	10,5	20	7
<i>Bauhinia forficata</i> L.	0,95	1,53	0,5	0,73	0,99	7,84	12	5
<i>Couratari stellata</i> A .C.Sm.	0,3	0,51	2,09	1,2	0,97	13,25	23	7
<i>Duguetia argentea</i> (R. E. F.)	0,83	1,53	0,54	0,68	0,97	9,23	13	6
<i>Virola melinonii</i> (Benth.) A C. Swith	0,83	1,12	0,82	0,83	0,92	10,5	17	7
<i>Abarema jupumba</i> (Willd.) Britton & Killip.	0,64	1,22	0,83	0,74	0,9	11,12	15	8
<i>Nectandra mollis</i> Nees	0,64	1,02	1,03	0,84	0,9	11,12	22	7
<i>Theobroma silvestre</i> Willd.	0,72	1,42	0,33	0,52	0,82	8,26	12	6
<i>Erythrina glauca</i>	0,72	0,81	0,89	0,8	0,81	10,26	20	6
<i>Acacia</i> sp.	1,02	0,71	0,52	0,77	0,75	9,52	18	7
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	0,72	1,02	0,47	0,59	0,73	13,68	23	7
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber.	0,49	0,92	0,78	0,64	0,73	12,23	25	8
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	0,57	1,12	0,48	0,52	0,72	9,53	15	7
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	0,64	1,02	0,44	0,54	0,7	11,24	14	8
<i>Lecythis usitata</i> Gaertn	0,19	0,51	1,32	0,76	0,67	11,8	25	7
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	0,61	0,81	0,55	0,58	0,66	11,94	22	5
<i>Dukeodendron cestroides</i> Kunhim.	0,61	1,02	0,33	0,47	0,65	11,44	18	6

Nome Científico	DR	FR	DoR	VC (%)	VI (%)	Alt. Med.	Alt. Max.	Alt. Min.
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0,34	0,81	0,76	0,55	0,64	12,89	20	8
<i>Anadenanthera</i>	0,57	0,61	0,71	0,64	0,63	9,73	20	7
<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	0,34	0,71	0,67	0,51	0,58	12	23	7
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0,11	0,31	1,19	0,65	0,54	14,67	25	7
<i>Duguetia riparia</i> Huber	0,38	0,92	0,26	0,32	0,52	11,4	18	8
<i>Pouteria biloculares</i> (Winkler) Baehni	0,42	0,92	0,22	0,32	0,52	6,91	9	4
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols	0,38	0,71	0,45	0,42	0,51	10,5	22	6
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	0,34	0,92	0,28	0,31	0,51	11,78	17	7
<i>Casearia grandiflora</i> Camb	0,34	0,81	0,32	0,33	0,49	10,33	12	7
<i>Caraipa richardiana</i>	0,45	0,71	0,26	0,36	0,48	10	13	7
<i>Ficus paraensis</i> (Miq.) Miq.	0,08	0,2	1,11	0,59	0,46	16	22	10
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav	0,34	0,81	0,19	0,27	0,45	11,11	17	7
<i>Chrorophora</i> sp.	0,3	0,71	0,26	0,28	0,42	8,38	11	7
<i>Licania incana</i> Aubl.	0,27	0,71	0,19	0,23	0,39	7,57	8	7
<i>Croton palanostigma</i>	0,38	0,41	0,37	0,37	0,39	10,7	13	8
<i>Bombax</i> sp.	0,27	0,61	0,28	0,27	0,39	11,57	15	8
<i>Triplares</i> sp.	0,3	0,61	0,22	0,26	0,38	13,13	20	10
<i>Trema micrantha</i>	0,38	0,61	0,12	0,25	0,37	7,7	10	5
<i>Thyrsodium schomburgkianum</i> Benth.	0,27	0,61	0,22	0,24	0,36	9,71	13	7
<i>Mezilaurus itauba</i> Taub. Ex Mez.	0,19	0,51	0,37	0,28	0,36	13,4	23	9
<i>Erythrina</i> sp.	0,34	0,41	0,31	0,33	0,35	10,22	15	6
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth)	0,08	0,2	0,76	0,42	0,35	19,5	25	14
<i>Pouteria macrophylla</i>	0,23	0,61	0,2	0,21	0,34	9,67	14	7
<i>Aspidosperma rigidium</i> Rusby	0,19	0,41	0,43	0,31	0,34	12	17	7
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	0,34	0,51	0,17	0,26	0,34	9,78	16	5
<i>Bellucia imperialis</i>	0,23	0,51	0,25	0,24	0,33	11,5	15	9
<i>Helicostylis tomentosus</i> (P. L.E) Rusby	0,23	0,61	0,12	0,18	0,32	8,83	12	6
<i>Macrobium acaciaefolium</i> Benth.	0,19	0,41	0,36	0,28	0,32	11	20	7
<i>Protium tenuifolium</i> Engl	0,19	0,51	0,21	0,2	0,3	8,6	13	6
<i>Lindackeria latifolia</i> Benth	0,23	0,51	0,15	0,19	0,3	9,83	14	7
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F.	0,19	0,51	0,18	0,18	0,29	10,8	13	8
<i>Buchenavia acapitala</i> (Vahl) Eichler	0,19	0,51	0,16	0,18	0,29	11,8	14	10
<i>Inga obtusata</i> Spruce. Ex Benth.	0,23	0,51	0,12	0,18	0,29	9	12	6
<i>Myrcia tenella</i> (Rich.) DC	0,27	0,1	0,46	0,36	0,28	12,14	17	7
<i>Sterculia pruriens</i> (Aubl.) K. Schum.	0,19	0,41	0,23	0,21	0,28	12,4	15	9
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	0,19	0,51	0,12	0,15	0,27	10,4	12	8
<i>Acácia</i>	0,27	0,41	0,09	0,18	0,25	7,29	9	6
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	0,19	0,41	0,15	0,17	0,25	10,2	20	7
<i>Rinorea guianensis</i> Ruiz Et. Pav	0,27	0,31	0,17	0,22	0,25	9,14	14	6
<i>Drypetes variabilis</i>	0,19	0,41	0,15	0,17	0,25	12,8	18	7
<i>Fusaea longifolia</i> (Aubl.) Saff.	0,19	0,41	0,14	0,17	0,25	10,6	13	9
<i>Lueheopsis rosea</i> (Ducke) Burret	0,15	0,41	0,15	0,15	0,23	9,5	14	8
<i>Micropholis Guyanensis</i> (A. DC.)	0,08	0,2	0,42	0,25	0,23	17	20	14
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	0,15	0,41	0,06	0,1	0,2	8,5	10	8
<i>Parkia reticulata</i>	0,15	0,31	0,15	0,15	0,2	14	23	8
<i>Tapura amazonica</i> Poep. et Engl.	0,19	0,31	0,1	0,14	0,2	9,2	11	8
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0,19	0,31	0,07	0,13	0,19	8,8	14	7
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,11	0,31	0,12	0,12	0,18	11,33	13	9

Nome Científico	DR	FR	DoR	VC (%)	VI (%)	Alt. Med.	Alt. Max.	Alt. Min.
<i>Dialium guianense</i> Steud.	0,11	0,31	0,11	0,11	0,18	10,67	17	7
<i>Stryphodendron</i> sp.	0,11	0,31	0,11	0,11	0,17	9,67	13	8
<i>Astrocaryum</i> sp.	0,11	0,31	0,1	0,11	0,17	12,67	16	10
<i>Tachigalia paniculata</i> Aubl.	0,11	0,31	0,1	0,11	0,17	17,67	20	15
<i>Himatanthus sucuba</i> (Spruce)	0,15	0,31	0,05	0,1	0,17	9	12	8
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	0,19	0,1	0,21	0,2	0,17	12,8	15	9
<i>Sloanea grandifolia</i> Smith.	0,11	0,31	0,06	0,09	0,16	9,67	14	5
<i>Holopyxidium jarana</i> (Huber) Ducke	0,08	0,2	0,19	0,13	0,16	13	18	8
<i>Platymiscium duckei</i> Huber	0,11	0,31	0,05	0,08	0,16	9,67	12	7
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,08	0,2	0,15	0,11	0,14	12,5	17	8
<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	0,08	0,2	0,15	0,11	0,14	14,5	19	10
<i>Anaxagorea prinoide</i> (dun.) St. Hil	0,08	0,1	0,22	0,15	0,13	12,5	17	8
<i>Terminalia amazonica</i>	0,08	0,2	0,12	0,1	0,13	10	12	8
<i>Ferdinandusa gaudatiana</i>	0,11	0,2	0,07	0,09	0,13	9,67	12	8
<i>Ocotea fragrantissima</i> Ducke	0,04	0,1	0,24	0,14	0,13	22	22	22
<i>Balizia pedicellaris</i>	0,11	0,2	0,06	0,09	0,13	8,33	9	8
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Splg.	0,11	0,2	0,06	0,09	0,13	8	9	7
<i>Virola venosa</i> (Benth.) Ward.	0,11	0,2	0,05	0,08	0,12	12,33	17	8
<i>Alibertia edulis</i>	0,11	0,2	0,05	0,08	0,12	8,33	10	7
<i>Coccoloba</i> sp.	0,08	0,2	0,09	0,08	0,12	10,5	12	9
<i>Licania americana</i>	0,08	0,2	0,08	0,08	0,12	10	13	7
<i>Pouteria sagutiana</i>	0,04	0,1	0,21	0,12	0,12	17	17	17
<i>Agonandra sylvatica</i>	0,08	0,1	0,15	0,11	0,11	10	12	8
<i>Chrysopyllum prieurii</i> A. D. C.	0,08	0,2	0,05	0,06	0,11	8	8	8
<i>Xylopia armatica</i>	0,08	0,2	0,05	0,06	0,11	9,5	11	8
<i>Myrciaria rufipila</i>	0,08	0,2	0,04	0,06	0,11	8,5	10	7
<i>Pouteria laurifolia</i> Gomes.	0,08	0,2	0,04	0,06	0,11	10,5	11	10
<i>Brosimum potabile</i> Ducke	0,08	0,2	0,04	0,06	0,11	9	10	8
<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	0,08	0,2	0,04	0,06	0,11	12	16	8
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers	0,08	0,2	0,04	0,06	0,1	7	7	7
<i>Galipea jasmimiflora</i> (St. Hill)	0,08	0,2	0,03	0,06	0,1	8	8	8
<i>Miconia serialis</i> DC.	0,08	0,2	0,03	0,05	0,1	9	10	8
<i>Sapium glandulatum</i> Pax.	0,08	0,2	0,02	0,05	0,1	13	18	8
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	0,08	0,1	0,06	0,07	0,08	11,5	12	11
<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	0,08	0,1	0,04	0,06	0,07	10,5	14	7
<i>Parkia</i> sp.	0,08	0,1	0,04	0,06	0,07	10	11	9
<i>Rouapala montana</i>	0,04	0,1	0,07	0,06	0,07	10	10	10
<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	0,08	0,1	0,03	0,05	0,07	8,5	9	8
<i>Cedrela fisilis</i> Vell.	0,04	0,1	0,05	0,05	0,06	6	6	6
<i>Inga</i> sp.	0,04	0,1	0,05	0,04	0,06	12	12	12
<i>Licania micranta</i>	0,04	0,1	0,05	0,04	0,06	10	10	10
<i>Byrsonima crispa</i> A. Juss	0,04	0,1	0,05	0,04	0,06	14	14	14
Não identificado	0,04	0,1	0,04	0,04	0,06	10	10	10
<i>Mouriria vermicosa</i>	0,04	0,1	0,04	0,04	0,06	15	15	15
<i>Nectandra rubra</i> Mez.	0,04	0,1	0,03	0,04	0,06	9	9	9
<i>Tetragastris altissima</i>	0,04	0,1	0,03	0,04	0,06	7	7	7
<i>Myrcia atramentifera</i> Barb.	0,04	0,1	0,03	0,03	0,06	10	10	10
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,04	0,1	0,03	0,03	0,06	12	12	12

Nome Científico	DR	FR	DoR	VC (%)	VI (%)	Alt. Med.	Alt. Max.	Alt. Min.
<i>Cassia leiandra</i>	0,04	0,1	0,03	0,03	0,06	10	10	10
<i>Ocotea caniculata</i> Mez.	0,04	0,1	0,03	0,03	0,06	8	8	8
<i>Bocageopsis multiflora</i> Mart. r. E.	0,04	0,1	0,03	0,03	0,06	7	7	7
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	7	7	7
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	8	8	8
<i>Dyospirus vestita</i>	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	10	10	10
<i>Enterolobium</i> sp.	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	11	11	11
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	8	8	8
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allem.	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	9	9	9
<i>Rheedia gardneriana</i> PLanch. Et.	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	9	9	9
<i>Pouteria</i> sp.	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	8	8	8
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	0,04	0,1	0,02	0,03	0,05	7	7	7
<i>Licania blachii</i> Prance	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	10	10	10
<i>Cupania scrobiculata</i> L. C. Rich.	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	10	10	10
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	9	9	9
<i>Tapirira</i> sp.	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	10	10	10
<i>Inga</i> sp.	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	10	10	10
<i>Eugenia</i> sp.	0,04	0,1	0,01	0,03	0,05	12	12	12
<i>Cordia</i> sp.	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	7	7	7
<i>Erisma fuscum</i> Ducke	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	12	12	12
<i>Aniba hostmaniana</i>	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	7	7	7
<i>Leonia glyxicarpa</i> (Ruiz Et. Pav)	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	7	7	7
<i>Vitex triflora</i> Vahl	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	10	10	10
<i>Symphonia globulifera</i> L.	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	8	8	8
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	5	5	5
<i>Solanun grandiflorum</i>	0,04	0,1	0,01	0,02	0,05	7	7	7
Total	100	100	100	100	100	10,6	25	3