

Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio na Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Areia no Pólo Produtor de Seropédica/Itaguaí





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 1517-8498
Agosto/2007*

Documentos 236

**Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras
de Nitrogênio na Recuperação de Áreas
Degradadas pela Mineração de Areia no
Pólo Produtor de Seropédica/Itaguaí**

**Adailton Pereira Ferreira
Eduardo Francia Carneiro Campello
Avílio Antônio Franco
Alexander Silva de Resende**

***Seropédica – RJ
2007***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Helvécio De-Polli e Cláudia Pozzi Jantalia

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2007): 50 exemplares

F383u Ferreira, Adailton Pereira

Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no pólo produtor de Seropédica/Itaguaí / Eduardo F. C. Campello, Avílio A. Franco, Alexander S. de Resende. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 31 p. (Documentos / Embrapa Agrobiologia, ISSN 1517-8498; 236).

1. Deterioração do solo. 2. Degradação do solo. 3. Recuperação do solo. I. Campello, E. F. C., colab. II. Franco, A. A., colab. III. Resende, A. S. de, colab. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). V. Título. VI. Série.

CDD 631.45

Autores

Adailton Pereira Ferreira

Engº Florestal, MSc.

Rodovia BR 465, km 7. Seropédica/RJ CEP 23890-000.

Eduardo Francia Carneiro Campello

Engº Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia.

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia.

Rodovia BR 465, km 7. Caixa postal 74505. Seropédica/RJ

CEP 23890-000, e-mail: campello@cnpab.embrapa.br

Avílio Antônio Franco

Engº Agrônomo, PhD., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia.

Rodovia BR 465, km 7. Caixa postal 74505. Seropédica/RJ

CEP 23890-000, e-mail: avilio@cnpab.embrapa.br

Alexander Silva de Resende

Engº Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia.

Rodovia BR 465, km 7. Caixa postal 74505. Seropédica/RJ

CEP 23890-000, e-mail: alex@cnpab.embrapa.br

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

O documento 236/2007 apresenta mais um estudo de caso a partir da ampla aplicação da tecnologia desenvolvida pela Embrapa Agrobiologia para recuperação de áreas degradadas (RAD). A Constituição Brasileira em vigor define, em seu artigo 225, de forma bastante objetiva que, “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado”. A atividade de mineração de areia nos municípios de Seropédica e Itaguaí atende a indústria da construção civil do grande pólo consumidor da cidade do Rio de Janeiro e circunvizinhanças. A exploração da areia acontece em profundidades de até 20m e se situa sobre um importante aquífero para abastecimento de água potável, em uma região de elevada densidade demográfica. Nesta publicação são apresentados os resultados iniciais da utilização de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio para recuperação dessas áreas que demonstram o potencial da tecnologia em restabelecer rapidamente a cobertura vegetal sobre os substratos degradados, criando condições favoráveis para o restabelecimento dos mecanismos de sucessão ecológica. Por fim, cabe também ressaltar entre os objetivos do trabalho o atendimento às demandas das comunidades locais na busca de soluções agro-ambientais para a carente região do entorno da sede da Embrapa Agrobiologia.

José Ivo Baldani
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Revisão de Literatura	8
2.1. Aquífero Piranema	8
2.2. Histórico da Mineração em Seropédica e Itaguaí	8
2.3. Processo Produtivo da Extração de Areia	10
2.4. Recuperação das Áreas Degradadas Utilizando Medidas Biológicas.....	13
3. Material e Métodos.....	16
3.1. Plantio	19
3.2. Avaliações de Altura, Diâmetro e Volume de Serapilheira 24 Meses após o Plantio.....	21
4. Resultados e Discussão.....	22
4.1. Avaliações Biométricas	22
4.2. Quantidade de Serapilheira Existente.....	24
4.3. Estimativas de Custos da Recuperação.	25
5. Conclusões	28
6. Considerações Finais.....	28
7. Agradecimentos	29
8. Referências Bibliográficas.....	29

Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio na Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Areia no Pólo Produtor de Seropédica/Itaguaí

Adailton Pereira Ferreira

Eduardo Francia Carneiro Campello

Avílio Antônio Franco

Alexander Silva de Resende

1. Introdução

A degradação ambiental faz parte do processo evolutivo do homem e do seu crescimento populacional desenfreado. A medida que a sua expectativa de vida tem aumentado este tem exigido cada vez mais dos recursos naturais, muitas vezes levando-os a exaustão, antes mesmo de terem seu verdadeiro potencial descoberto.

As principais causas da degradação tem sido o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo, a exploração da vegetação para combustível e a atividade industrial (KOBIYAMA et al., 2001).

Segundo OLDMANN (1994), 28% das terras agricultáveis do planeta encontram-se em algum estágio de degradação, no Brasil este valor está próximo a 27%, dos quais 1% deste total é devido às atividades de mineração.

Apesar da sua baixa percentagem na participação no processo de degradação, a mineração é uma atividade que causa grande impacto, por ocasionar a retirada das camadas superficiais do solo (KOBIYAMA et al., 2001). O homem moderno necessita dos recursos provenientes da mineração para a sua sobrevivência e conforto, caso típico do que ocorre na exploração de areia, que apesar dos danos causados ao ambiente, seu uso acaba se tornando um bem comum, de alta demanda pela sociedade.

A solução para isto é usar os recursos naturais de maneira sustentável ou seja amenizando os danos ambientais. Uma das técnicas utilizadas para a recuperação das áreas degradadas tem sido o uso de

leguminosas (CAMPELLO & FRANCO, 2001). A introdução de leguminosas em local onde ocorreu a perda dos horizontes férteis do solo, mostra uma recuperação mais rápida da atividade biológica do solo, quando comparada com a revegetação com gramíneas (CARVALHO et al., 1998). Assim é importante avaliar o potencial do uso dessas leguminosas nas áreas degradadas pela mineração de areia no pólo produtor de Seropédica e Itaguaí.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar o crescimento de diferentes leguminosas arbóreas na recuperação de áreas de mineração de areia em talude e lagoas de rejeito além de avaliar a serapilheira depositada e fazer a estimativa de custos de recuperação das áreas degradadas pela mineração de areia.

2. Revisão de Literatura

2.1. Aquífero Piranema

O município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, possui em sua sub-superfície o aquífero Piranema. Este é formado por uma planície de inundação constituída de areias inconsolidadas, com pacotes de espessura de até 20 metros e com elevados níveis de argila. Representa um dos três aquíferos mais importantes do Estado. Possui reservas renováveis estimadas em 1,6 m³/s, suficiente para abastecer 140.000 famílias (ERTHAL, 2005).

Estas características do Aquífero Piranema vem reforçar a importância deste ambiente não só pelo seu estoque de areia, mas também pelo seu elevado volume de água. Essa água encontra-se com alta vulnerabilidade à contaminação, em função da elevada altura do lençol freático, variando de 2 a 7,5 m, justificando a necessidade de intervenção antrópica para a recuperação das áreas degradadas (ERTHAL, 2005).

2.2. Histórico da mineração em Seropédica e Itaguaí

A mineração em Seropédica teve início com as restrições à extração de areia no leito do rio Guandu, tradicional fonte de areia para abastecer a construção civil da Região Metropolitana do Rio de

Janeiro. A disponibilidade de matéria-prima nesta grande planície aluvionar foi a opção natural para a continuidade do crescimento urbano da cidade do Rio de Janeiro. A jazida está localizada onde o governo Getúlio Vargas, na década de 1950, promoveu um grande loteamento rural, constituído de lotes regulares de 100.000 m² (10 ha), que não teve sucesso como empreendimento agrícola.

A mineração de areia surgiu como fonte de renda alternativa para os proprietários rurais que passaram a arrendar seus terrenos para a abertura das lagoas. Estes terrenos passaram a ser arrendados por caminhoneiros que se interessavam na comercialização de areia, e que na sua grande maioria eram pessoas que tinham um nível de escolaridade muito baixo.

Esse fato, aliado a falta de preocupação ambiental à época serviu de empecilho para minimizar os danos ambientais. Outro aspecto relevante da época era relacionado à falta de fiscalização por parte dos órgãos governamentais, que para agravar a situação, como as áreas eram arrendadas, os agricultores entregavam suas terras e recebiam uma lagoa que, na maioria das vezes não lhes tinha serventia nenhuma (ERTHAL, 2005).

Em 1990 o DRM-RJ publicou o primeiro levantamento sobre as atividades extrativas na região, que resultou num relatório cadastral que trazia 56 areais funcionando em 66 lotes. Fez-se então a proposta de criação de uma Zona de Produção Mineral de Areia na tentativa de inseri-los no planejamento de uso do solo. Nesta época, os mineradores se organizavam precariamente em torno da ASPARJ Associação dos “Produtores” de areia do estado do Rio de Janeiro (ERTHAL, 2005).

Inicialmente a duração da licença concebida foi de três anos e após o prazo vencido as mineradoras foram fechadas pelo Ministério Público pela falta de licença ambiental e pelos danos ambientais causados. Como consequência houve um forte aumento no preço da areia no mercado, refletindo diretamente na construção civil e obras públicas da região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, uma vez que naquela época esse complexo de extração areeiro era responsável por cerca de 70% da areia usada na construção civil do município do Rio de Janeiro.

Em 2001, após várias reuniões com órgãos de governo (FEEMA, DRM, DNPM) e os areeiros, agora representados pelo SIMARJ (Sindicato dos Mineradores de Areia do Estado do Rio de Janeiro), assinaram um Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TAC) (ERTHAL, 2005).

O TAC viabilizou a continuidade do processo extrativo, corrigindo os equívocos existentes, e reordenando as atividades. Ele foi dividido em duas etapas, a primeira foi denominada TAC preliminar, e teve como objetivo o levantamento detalhado em bases georeferenciadas da situação do pólo extrativo, para definir o retrato da situação encontrada, dando bases para a segunda fase definida como TAC propriamente dito. Na segunda etapa definiu-se as ações coletivas e individuais para ajustar o funcionamento, avaliando as alternativas futuras (ERTHAL, 2005).

Os termos exigidos pelo TAC foram: Implantação de monitoramento da qualidade das águas das lagoas e subterrâneas, plano de lavra individual e coletivo, apresentação das propostas de recuperação para as lagoas aterradas, desenvolvimento e implantação de sistema de monitoramento das fases da atividade extrativa; identificação das áreas onde houve conexão irregular com corpos d'água apresentando os projetos de recuperação, apresentação de cenário futuro, apresentação das medidas de recuperação e implantação de reflorestamento (ERTHAL, 2005).

2.3. Processo produtivo da extração de areia.

Após a confirmação da presença do mineral e as devidas licenças para exploração, inicia-se o decapeamento do solo. O processo inicial se dá com a remoção da cobertura vegetal, esta, por ser essencialmente composta de pastagem degradada, é removida juntamente com a camada fértil do solo como sugere o IBAMA (1990). O IBAMA preconiza a retirada e separação da camada mais superficial do solo (± 50 cm) para formar o que se chama "top soil". Essa primeira camada é onde encontra-se todo o banco de sementes e a biota do solo, sendo também a parte mais fértil. Em áreas de mineração o IBAMA recomenda utilizar essa camada de "top soil", para formar a camada superficial do solo, após o encerramento da frente de lavra.

Até a aplicação do TAC, nas áreas de Seropédica e Itaguaí, isso não vinha sendo feito, em função dessa camada representar um produto de alto valor na construção civil que é a terra de emboço além de terra para jardinagem. A venda desses produtos normalmente cobre os custos iniciais de abertura da frente de lavra.

O modelo de extração utilizado é do tipo cava inundada. O processo se procede com a escavação do solo até atingir o lençol freático, as areias são retiradas por sucção por barcos denominados Dragas (Figura 1).



Figura 1: Visão panorâmica da lagoa de extração, mostrando uma draga em atividade.

Na dragagem de areia, o material encontra-se em camadas de sedimentos arenosos, no fundo das cavas submersas. A dragagem é caracterizada por um sistema de bombeamento que promove a sucção da polpa (mistura de areia, silte e argila de diferentes granulometrias), formada a partir da superfície de ataque do leito submerso.

O ponto de sucção no fundo da cava é atingido através de tubulação, em cujo interior, a polpa é transportada, sendo lançada diretamente sobre uma peneira grossa promovendo a separação da fração cascalho. Conta ainda com alguns dispositivos de decantação, como

uma caixa de lavagem (figura 2), onde ocorre a separação entre o material mais fino, constituído pela fração argilosa transportada com excedente de água, e a areia média ou grossa que é depositada no fundo da caixa (ALMEIDA, 2002). Após esse peneiramento, esse último produto é distribuído diretamente aos caminhões que fazem o transporte da areia ainda umedecida ou, em alguns casos, é transferida para pilhas de estocagem ao ar livre.



Figura 2: Caixa de lavagem de areia

Os rejeitos, ou “finos”, são conduzidos por calhas para as bacias de decantação, que neste caso correspondem às cavas já lavradas, denominadas áreas de rejeito. Com o passar do tempo estas bacias de deposição vão secando gradativamente e formando superfícies secas e aptas a serem revegetadas. Neste caso a extração acontece em circuito fechado, pois a água juntamente com os materiais de não interesse econômico, após serem succionados até a caixa de passagem, são guiados por canaletas até atingir a lagoa de decantação, onde o rejeito fica depositado e a água “limpa” retorna a cava de extração (Figura 3). Esse processo denominado preenchimento, não apresenta riscos de contaminação do lençol freático por componentes contaminantes, uma vez que estes materiais

são compostos exclusivamente por minerais como argila, silte e areia muito fina.



Figura 3- Área de rejeito em atividade.

2.4. Recuperação das áreas degradadas utilizando medidas biológicas

No processo de recuperação de áreas degradadas não se pode levar em consideração apenas os custos da recuperação, mas também buscar meios para que o ecossistema possa tornar a desempenhar as suas funções ambientais, fundamentais para o seu equilíbrio (RESENDE et al., 2006). Uma das etapas mais importantes para o sucesso da área a ser recuperada por meio de medidas biológicas é a escolha das espécies.

As áreas degradadas pela mineração de areia apresentam-se como um ambiente frágil, com baixa capacidade de resiliência. Isto é notável pela ausência de vegetação e consequentemente da fauna, indicando a necessidade de intervenção humana para que os processos sucessionais possam ser novamente ativados. Esta situação se deve entre outros fatores, à remoção das camadas superficiais, aliadas a

compactação do solo pelo peso excessivo das máquinas, ocasionando perdas do banco de sementes e matéria orgânica do solo.

Nesse contexto, os Planossolos que compunham a paisagem original da região, hoje já não podem ser assim classificados, pois foram totalmente removidos, passando a ser vistos como um substrato inerte. Implantar espécies da Mata Atlântica que estão adaptadas a uma condição de solos mais férteis, seria se sujeitar a gastos financeiros exorbitantes, fazendo uso de fertilização e um elevado risco do projeto não se concluir de modo satisfatório. Para evitar este tipo de problema, uma boa alternativa é trabalhar com leguminosas florestais arbóreas, por apresentarem um bom desempenho como ativadoras do processo de sucessão ecológica e serem mais resistentes a essa situação.

As leguminosas quando associadas simbioticamente a bactérias fixadoras de nitrogênio podem incorporar mais de $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N em sua biomassa e, posteriormente, parte desse nitrogênio poderá ser incorporado ao solo pela decomposição de folhas, galhos e raízes (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A partir dessa associação aumenta-se a possibilidade de atingir o objetivo de, com menores custos, restabelecer a função ecológica da área recuperada em função da redução da necessidade de correção do solo, aumento da fertilização natural da área por meio de seleção de plantas adaptadas e eficientes na aquisição e conversão de nutrientes em biomassa (RESENDE & KONDO, 2001; RESENDE et al., 2006).

A deposição de serapilheira com baixa relação C/N promove a estabilização do solo, aumentando sua atividade biológica e criando condições propícias para o estabelecimento de outras espécies mais exigentes (FRANCO et al., 1992). Baixos teores de matéria orgânica, principal fonte de nutrientes em solos tropicais, torna-se um dos grandes fatores limitantes no restabelecimento de ambientes degradados.

Segundo CAMPELLO (1999), dentre outras vantagens, o plantio de leguminosas arbóreas atende as necessidades de rápido estabelecimento de uma cobertura vegetal, conjugadas com efeitos de maior duração, como oferta contínua de nitrogênio, aumento da população microbiana, elevada deposição de materiais orgânicos de

rápida decomposição, além de mudanças micro ambientais (sombra, retenção de umidade, redução de temperatura).

Essas plantas atuam como reguladoras de recursos disponíveis, de forma a permitir o surgimento de espécies mais exigentes. Este grupo apresenta cerca de 13 mil espécies catalogadas, com os mais variados fins de utilização, conferindo suas adaptações nos mais diferentes biomas (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A fixação biológica de nitrogênio é uma característica que torna o grupo das leguminosas muito eficientes para utilização na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia. A capacidade que grande parte das espécies de leguminosas tem em formar simbiose com determinados gêneros de bactérias é a grande justificativa para o sucesso dessa estratégia. O processo simbiótico se dá de maneira a permitir que o nitrogênio atmosférico seja convertido e transferido para as plantas em formas assimiláveis, mediante a atuação das bactérias presentes nos nódulos radiculares (RESENDE & KONDO, 2001).

Segundo FRANCO et al. (1992), uma vez que os vegetais não são capazes de aproveitar diretamente o N do ar, a fixação biológica de nitrogênio assume relevância equiparada a da fotossíntese como processo essencial à vida no planeta. Um outro motivo que torna estas espécies essenciais para um processo de RAD em área de mineração, ainda segundo os mesmos autores, é a questão de que o maior reservatório de nutrientes disponíveis no solo é a matéria orgânica que ocorre principalmente nas camadas superficiais e que normalmente são perdidas, em áreas de extração de areia.

Adicionalmente estas plantas têm a capacidade de se associarem com fungos micorrízicos, podendo se valer de muitos benefícios como: o maior volume explorado de solos pelas hifas micorrízicas permitindo assim maior absorção de nutrientes e água (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Várias experiências com leguminosas fixadoras de nitrogênio têm mostrado bons resultados. FRANCO & CAMPELLO (2005) avaliando a sucessão em área de reflorestamento com 12 anos em solo arenoso, em Porto Trombetas, Oriximiná – PA, observaram que o reflorestamento realizado com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio apresentou-se com maior riqueza de espécies nativas, oriundas de regeneração natural e maior biomassa vegetal. Os

autores frisaram ainda que estas não apresentaram regeneração natural própria e poucas espécimes do plantio original ainda existiam, significando que as leguminosas cumpriram o papel de recuperar a resiliência e permitiram o andamento da sucessão ecológica.

CAMPELLO (1998), avaliando o efeito da escarificação do estéril no desenvolvimento de 4 espécies de leguminosas arbóreas (*Sesbania virgata*, *Acacia holosericea*, *Pseudosamanea guachapele*, *Parkia multijuga*) inoculadas e micorrizadas, constatou que não houve benefício dessa prática no desenvolvimento das plantas, indicando a grande capacidade dessas leguminosas em se adaptarem a situações de alta compactação, viabilizando a cobertura vegetal com menores custos.

FRANCO et al. (2006), ao realizarem revegetação do rejeito da Lavagem da Bauxita testaram diferentes espécies: *Acacia mangium*, *A. angustissima*, *A. holosericea*, *Albizia saman*, *A. guachapele*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Clitoria fairchildiana*, *Sclerolobium paniculatum*, *Stryphnodendrum guianensis*, *Senna siamea*, *Parkia pendula*, *Cassia leiandra*, *Adenanthera pavonina*, *Cecropia* sp. e *Eucalyptus tereticornis*, sendo algumas leguminosas nodulantes e não nodulantes e outras não leguminosas. Após 22 meses, as espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio apresentaram maior crescimento e produção de biomassa aérea em relação às outras espécies, mostrando a capacidade dessas de se desenvolver em substratos com baixos teores de nutrientes.

3. Material e Métodos

Este trabalho foi realizado nos municípios de Seropédica e Itaguaí, zona oeste do estado do Rio de Janeiro. A região apresenta temperatura média anual de 24,5°C e precipitação média de 1.200 mm. O solo original da área de estudo é classificado como um Planossolo apresentando baixa fertilidade natural.

Para dinamizar os processos da reabilitação foram plantadas aproximadamente 100 mil mudas de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio e não leguminosas em 36 areais, com a mesma intensidade de perturbação, por conta do termo de ajustamento de conduta (TAC) iniciado em 2002.

A primeira etapa da revegetação se deu com o preparo das áreas através da construção de taludes e aterramento das lagoas de rejeito.



Figura 4 – Margens da cava em processo final de extração.

Para plantio às margens das lagoas (Figura 4), foram construídos taludes que segundo o IBAMA (1990) é definido como sendo uma superfície inclinada, construída a partir da deposição de solos existentes no local. A inclinação final deverá ter no máximo 70% ou 35° (Figura 5).



Figura 5 – Construção do talude.

Orientou-se os mineradores a canalizarem os rejeitos, fazendo-se uso de canais ou calhas interligadas a partir da caixa de lavagem de areia até a lagoa de sedimentação. Também foram orientados a realizar o preenchimento da cava até o nível da cota do terreno para facilitar o processo de revegetação e reutilização da área, através da deposição de camadas de argila (Figura 6).



Figura 6 – Antiga lagoa de rejeito pronta para plantio.

Na época do plantio (2002-2003), foram retiradas amostras para determinar a fertilidade e densidade do solo na profundidade de 0-20 cm (tabela 1) mostrando os teores de nutrientes e grau de compactação em áreas de taludes e lagoas de rejeito.

Tabela 1 – Disponibilidade de nutrientes em áreas de rejeito e de talude em um dos areas de Seropédica e Itaguaí - RJ.

Amostra 0-20 cm	Textura	pH em água	Al	Ca+Mg cmolc/dm ³	Ca cmolc/dm ³	Mg	P mg/dm ³	K mg/dm ³	C (Orgânico)%	Densidade de solo g/cm ³
Rejeito	Argilosa	4,0	3,3	4,0	3,0	1,0	7,5	71,0	0,73	1,48
Talude	Argilosa	4,5	0,8	2,7	1,4	1,3	4,5	20,0	0,81	1,40

3.1. Plantio

As mudas foram produzidas no viveiro da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ (Figura 7). Na composição do substrato foi utilizado 10% de fosfato de rocha, 30% de areia, 30% de solo argiloso e 30% de composto orgânico (FRANCO et al., 1992).

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor (tipo plantágil) por facilitar o plantio posterior das mudas no campo.



Figura 7- Visão das mudas no viveiro Embrapa Agrobiologia.

O plantio das mudas foi feito na estação chuvosa (novembro de 2003). Para o plantio no campo optou-se por utilizar espaçamento 2 x 2 metros. As dimensões das covas variaram de acordo com as características físicas do solo sendo: 30 x 30 x 30 cm quando em áreas que encontravam-se mais compactadas e, 20 x 20 x 20 cm quando em área de talude.

A adubação de plantio foi realizada com fosfato natural (80 g/cova) e como fonte de micronutrientes foi utilizado o FTE BR 12 (10 g/cova). Quando possível colocou-se 2 litros de esterco bovino/cova.

Após a implantação das mudas foram realizados coroamentos no entorno da espécie de interesse a um raio de 0,5 metros até as mudas sobrepujarem a vegetação herbácea. A altura das plantas no plantio era de cerca de 25 cm e o diâmetro de colo era de aproximadamente 4 mm, apresentando pouca variação entre as plantas das diferentes espécies.

3.2. Avaliações de altura, diâmetro e volume de serapilheira 24 meses após o plantio

Após 24 meses do plantio foi realizado a avaliação de crescimento das 11 espécies. As variáveis medidas foram altura e diâmetro do colo. Para realização do estudo foram selecionados seis areais perfazendo 16% dos areais que realizaram a revegetação. Foram escolhidos três areais onde foi realizado o plantio de espécies em áreas de rejeito e três areais que contemplavam espécies implantadas em áreas de talude. Foram medidos seis indivíduos de cada espécie por areal, usando paquímetro e vara graduada mensurando o diâmetro de cólo e a altura total das plantas, respectivamente.

A Grande uniformidade entre indivíduos da mesma espécie, é o que justificou o número de repetições em cada areal.

As leguminosas utilizadas foram: *Samanea saman* (Saman), *Mimosa caesalpinhiifolia* (Sabiá), *Acacia holosericea* (holosericea), *Enterolobium contortisiliquum* (Orelha-de-negra), *Gliricidia sepium* (Gliricídia), *Acacia angustissima* (Angustissima), *Mimosa artemisiana* (Artemisiana), *Inga* sp. (Ingá), *Pseudosamanea guachapelle* (Guachapele), *Leucaena leucocephala* (Leucena) e *Mimosa bimucronata* (Maricá).

Nestas áreas também foram realizadas três amostragens de serapilheira, com auxílio de um quadrado metálico de 0,25 m² lançado aleatoriamente nas unidades amostrais. Todo o material coletado foi pesado e uma amostra foi alocada em sacos de papel e levados a estufa para secagem a 65°C por 72 horas para a obtenção do peso seco.

A partir dos dados de altura e diâmetro foram calculadas as médias e o desvio padrão e a quantidade de serapilheira foi analisada a partir de estatística paramétrica (ANOVA e teste F) no programa SAEG.

Os custos de implantação e manutenção das áreas, usando leguminosas arbóreas florestais fixadoras de nitrogênio, foi obtido em entrevistas com mineradores e o levantamento de preços foi realizado em casas agropecuárias dos municípios de Seropédica e Itaguaí. Neste levantamento foram considerados os custos com insumos, mão-de-obra, mudas, transporte de mudas, preparação de taludes e da área de rejeito e faturamento bruto por hectare de área explorada.

4. Resultados e Discussão

4.1. Avaliações biométricas

Foram amostrados 78 indivíduos em áreas de rejeito e 114 em talude, esta diferença se deu devido às áreas não apresentarem as mesmas frequências de espécies como poderá ser observado nas tabelas que seguem.

Os valores de médias e desvio padrão das espécies analisadas nas áreas de rejeito estão expostos na Tabela 2.

O desvio padrão é alto, evidenciando a heterogeneidade de crescimento das leguminosas como: Artemisiana, Orelha-de-negro e Angustissima, o mesmo ocorreu com o diâmetro Gliricidia, Angustissima, Leucena, Orelha-de-negro e Samam.

Tabela 2 - Valores médios de altura total e diâmetro de colo, seguidos de desvio padrão, das diferentes leguminosas arbóreas em áreas de rejeito, 24 meses após o plantio.

Espécie	Altura total (m)	Diâmetro de colo (cm)
Orelha-de-negro	$1,9 \pm 1,08$	$3,1 \pm 1,62$
Sabiá	$2,8 \pm 0,72$	$3,4 \pm 0,48$
Angustissima	$2,0 \pm 0,96$	$3,1 \pm 1,92$
Saman	$2,7 \pm 0,90$	$4,8 \pm 1,08$
Artemisiana	$2,6 \pm 1,51$	$4,4 \pm 0,14$
Gliricidia	$3,4 \pm 0,84$	$4,1 \pm 1,24$
Leucena	$1,5 \pm 0,72$	$2,4 \pm 0,96$

Verificou-se que 24 meses após o plantio as espécies que mais cresceram em altura e diâmetro nas áreas de rejeito foram: Gliricidia, Sabiá e Saman. No entanto Artemisiana, Orelha-de-negro e Angustissima, encontram-se com altura que variam de 1,9 a 2,6 m e diâmetro de 3,1 a 4,4 cm, o que indica também uma boa adaptação destas espécies nesse ambiente. Reforçando as afirmativas mencionadas por (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; FRANCO et al., 1992; CAMPELLO, 1999; RESENDE & KONDO, 2001; RESENDE et al., 2006) de que as leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio

respondem bem as condições adversas de ambientes em elevado estágio de degradação.

Nas áreas de talude (tabela 3) as espécies que apresentaram as maiores taxas de crescimento em altura e diâmetros foram: a Gliricidia (4,4 m e 6,8 cm), Sabiá (3,7 m e 5 cm), a Saman (2,9 m e 5,2 cm) a Holosericea (2,9 m e 4,8 cm) e a Guachapele (2,8m e 4,8 cm), os respectivos valores de altura e diâmetro das espécies supracitadas, indicando que está havendo uma boa adaptação das espécies nas áreas de talude. A Orelha-de-negro apesar de apresentar o menor incremento em altura dentre as leguminosas, se destacou por apresentar-se com um elevado valor de diâmetro.

Tabela 3 - Valores médios de altura total e diâmetro de colo, seguidas de desvio padrão, das diferentes leguminosas arbóreas em áreas de talude, 24 meses após o plantio.

Espécie	Altura total (m)	Diâmetro de colo (m)
Orelha-de-negro	1,5 \pm 0,54	4,4 \pm 1,26
Sabiá	3,7 \pm 0,60	5,0 \pm 0,96
Angustissima	2,0 \pm 0,84	2,3 \pm 1,32
Saman	2,9 \pm 1,51	5,2 \pm 1,80
Ingá	1,2 \pm 0,48	2,4 \pm 1,02
Gliricidia	4,4 \pm 1,26	6,8 \pm 1,20
Guachapele	2,8 \pm 1,22	5,0 \pm 0,38
Marica	2,1 \pm 0,60	2,9 \pm 0,60
Holosericea	2,9 \pm 0,60	4,8 \pm 0,96

As plantas de modo geral cresceram mais nas áreas de talude, isto se deu possivelmente devido as melhores condições de solo, permitindo assim melhor desenvolvimento do sistema radicular, outro fator que pode ter influenciado positivamente é que as áreas do talude encontram-se mais próximas a lâmina d'água, consequentemente numa porção mais úmida do terreno, o que pode ter contribuído para o seu melhor desenvolvimento.

Em relação à escolha das espécies para as áreas de talude e rejeito, essa acabou sendo feita pelo empreendedor, o que do ponto de vista

técnico, pode vir a causar problemas futuros. Espécies como *Samanea saman* e *Pseudosamanea guachapelle*, apresentam porte elevado, podendo chegar a 25 m de altura, o que nas condições de talude pode acarretar em tombamento das árvores adultas. Embora tenham tido crescimento inicial satisfatório na área, esse fato deve ser considerado na escolha futura das espécies.

4.2. Quantidade de serapilheira existente

A quantidade de serapilheira existente nas áreas de rejeito e talude não diferiu significativamente a nível de 5%, pelo teste F, conforme mostra a Figura 8. Os valores estiveram entre 5,2 Mg/ha no rejeito e 7,09 Mg/ha no rejeito. COSTA et al. (1997), estudando a dinâmica de nutrientes em plantios homogêneos de *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia auriculiformes* com seis anos, em Planossolo, verificaram que o volume de serapilheira atingiu 10,4 e 14,8 Mg/ha respectivamente.

Naquele estudo, a quantidade de serapilheira de *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformes*, *Mimosa caesalpinifolia* com seis anos variaram de 8,9 a 13 Mg/ha (COSTA, 1998). Isto indica que apesar do plantio só apresentar 24 meses, a técnica utilizada vem sendo eficiente em depositar material orgânico no solo. É importante ressaltar que há uma variação sazonal no volume de serapilheira, havendo necessidade de realizar amostragens em outras épocas do ano para se saber com mais precisão esses valores anuais.

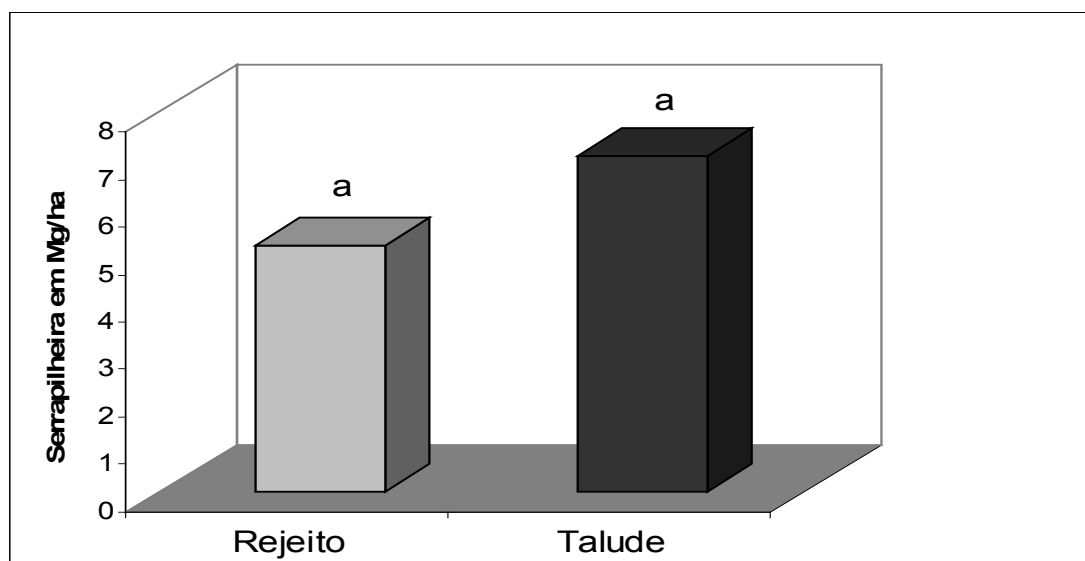


Figura 8 – Quantidade média de serapilheira existente (Mg/ha) das áreas de talude e de rejeito em recuperação após o plantio de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio. (Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste F a 5%).

4.3. Estimativas de custos da recuperação.

Os custos mais elevados na recuperação das áreas degradadas pela mineração de areia são referentes à construção de taludes e aterramento das lagoas de rejeito. Estes valores são muito elevados quando há a necessidade de alugar máquinas (escavadeiras, caminhões e pás-mecânicas) correspondendo a cerca de 98% das despesas (Tabela 4). Estes valores podem diminuir drasticamente quando se utiliza as máquinas da própria empresa.

Os valores gastos com mão-de-obra na maioria dos areais são economizados, pois parte dos empreendedores faz uso dos próprios empregados, onde estes nas épocas chuvosas, são destinados a realizar o plantio e coroamento das mudas, uma vez que durante a estação chuvosa, época do plantio, a demanda por areia cai drasticamente.

O custo relacionado à compra de mudas representa cerca de 0,50%, demonstrando um baixíssimo percentual no custo total da recuperação. No entanto o custo total da recuperação corresponde a cerca de 19% da renda bruta das empresas.

As estimativas de renda bruta estabelecidas no quadro abaixo fazem referência a uma lagoa de aproximadamente 22,5 metros de profundidade e com rendimento de 53% de areia, é importante ressaltar que uma lagoa de um hectare demora em média 5 anos para esgotar totalmente seu estoque de areia.

Tabela 4- Estimativa de renda bruta e custos da recuperação de um hectare de área degradada pela mineração de areia, nos municípios de Seropédica e Itaguaí/RJ.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Valor total %
Areia	m³/ha	-		120.000	-
Preço final da areia	m³	1		12,00	-
Faturamento bruto	ha	1		1.440.000,00	-
Insumos					
Mudas+transporte	unidade	2.500	0,56	1.400,00	0,524
Esterco bovino	litros	5.000	0,1	500,00	0,187
Fosfato de rocha	saca (50)	4	38	152,00	0,057
FTE BR 12	saca (50)	1/2	107	53,5	0,020
Formicida (Sufuramida)	1/2 Kg	4	3,85	15,40	0,006
Sub-total				2.120,90	0,794
Mão-de-obra					
abertura de covas	unidade	2.500	0,15	375,00	0,140
Plantio + adubação de mudas	unidade	2.500	0,10	250,00	0,094
Controle á formigas	diária	1/2	15,00	7,50	0,003
Coroamento	diária	1/2	15,00	7,50	0,003
Encargos trabalhistas				512,00	0,192
Sub-total				1.152,00	0,431
Construção de Talude					
Aluguel de caminhão	hora	1.600	60,00	96.000,00	35,918
Aluguel de pá mecânica	hora	1.200	60,00	72.000,00	26,939
Aluguel de escavadeira	hora	200	120,00	24.000,00	8,980
Aterramento de lagoa de rejeito					
Aluguel de caminhão	hora	1.000	60,00	60.000,00	22,449
Aluguel de trator	hora	200	60,00	12.000,00	4,490
Sub-total				264.000,00	98,775
Total				267.272,90	100,000

Para exemplificar as ações de reabilitação das áreas degradadas pela mineração de areia de Seropédica e Itaguaí, estão sendo apresentados na Figura 9, o substrato, plantio e o desenvolvimento de leguminosas arbóreas, nas áreas de rejeito e de talude de alguns desses areas.



Figura 9 – **A** - Área de rejeito pronta para o plantio. **B** - Talude com 30 dias após o plantio. **C** - Substrato em área de talude em plantio experimental 30 DAP. **D** - Substrato em área de talude e *Samanea saman* 90 DAP. **E** - Área de rejeito 60 DAP. **F** – Plantio de Leguminosas. *Sabiá*, *Leucena*, *Saman* em área de talude com 180 DAP. **G** – *Mimosa artemisiana*, *Samanea saman*, *Mimosa caesalpinifolia* em área de rejeito 20 meses após o plantio. **H** - *Samanea saman* e *Mimosa caesalpinifolia* em área de talude 20 meses após o plantio

5. Conclusões

As leguminosas plantadas em áreas de talude tiveram um melhor desenvolvimento. As espécies que melhor se adaptaram às áreas rejeito foram Sabiá, Saman, Artemisiana e Gliricidia, e nas áreas de talude a Guachapele, Sabiá, Samam, Gliricidia e Holosericea;

A grande quantidade de serapilheira depositada indica que as leguminosas estão sendo eficientes em melhorar as condições do substrato;

O custo da recuperação foi elevado devido às operações mecânicas, a construção de taludes e o aterramento das lagoas de rejeito;

A tecnologia se mostrou eficaz em restabelecer a cobertura vegetal da área em menos de 2 anos, a custos bem reduzidos.

6. Considerações Finais

Foram introduzidas mais de 40 espécies de plantas leguminosas e não leguminosas fixadoras de nitrogênio, dentre estas foram plantadas mudas de espécies exóticas, nativas, pioneiras e secundárias. O índice de mortalidade das plantas não leguminosas foi superior a 10% enquanto o das leguminosas ficou em torno de 2%, isto fez com que os mineradores optassem cada vez mais em fazer uso de leguminosas florestais, pois economizavam em adubo, mão-de-obra, mudas e tinham um efeito visual mais rápido.

Dois anos após a execução do projeto, os operários relatam que há o reaparecimento de alguns animais silvestres que há muito tempo, não eram vistos nestas áreas como pássaros, lagartos, cobras, capivaras, etc. Evidenciando que o ecossistema vem retomando suas funções. Observa-se também a presença de regeneração natural, diferente das espécies introduzidas no ambiente.

A sociedade se atenta muito para a quantidade de areia que é extraída e se esquece que talvez o foco principal deste pólo de extração mineral deveria ser os cuidados para que não haja contaminação do tão escasso recurso água.

A condução desse trabalho leva a sugerir a continuidade destes estudos, visando avaliar outros parâmetros que possam retratar com mais clareza a real situação ecológica local, indicando o grau de efetividade das espécies plantadas em restabelecer condições para que a sucessão ecológica possa prosseguir na área.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem aos mineradores da região, representados pelo Sindicato dos Mineradores de Areia do Estado do Rio de Janeiro (SIMARJ) pela liberação da área para a avaliação dos resultados do plantio.

8. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados à mineração de areia**. 2002. 160 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

CAMPELLO, E. F. C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 183-196.

CAMPELLO, E. F. C. **A influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia**. 1999. 121 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAMPELLO, E. F. C., FRANCO, A. A. Estratégia de recuperação de áreas degradadas. In: MARTINS, C. E.; ALENCAR, C. A. B. de; BRESSAN, M. (Ed.). **Sustentabilidade da produção de leite no Leste Mineiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 119-133.

CARVALHO, S. R. de; ALMEIDA, D. L. de; ARONOVICH, S.; CAMARGO FILHO, S. T.; DIAS, P. F.; FRANCO A. A. **Recuperação de áreas degradados do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 12 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 76).

COSTA, G. S. **Ciclagem de nutrientes em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas e em um fragmento florestal em crescimento secundário (capoeira)**. 1998. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

COSTA, G. S.; DASMACENO, R. N.; ANDRADE A. G.; FARIA, S. M. de. Dinâmica de nutrientes em plantios de *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia mangium* em planossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 6., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1997. v. 2. p. 570-571.

ERTHAL, F. Extração de areia no pólo de Seropédica e Itaguaí, Rio de Janeiro: um exemplo de gestão da atividade extrativa. **Areia & Brita**; Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil, São Paulo, n. 31, p. 32-38, jul./set. 2005.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da; FARIA, S. M. de. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1992. 9 p. (Embrapa-CNPAB. Comunicado Técnico, 9).

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade dos sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. Cap. 8. p. 201-220.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de; DIAS, L. E.; CASTILHO, A. F.; FORTES J. L. O.; C. NETO, D.; CERQUEIRA L. S.; MOREIRA, J. F.; RESENDE A. S. **Revegetação de áreas degradadas pela mineração e processamento de bauxita**. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). **Recuperação de áreas mineradas: a visão dos especialistas brasileiros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. Cap. 14. No prelo.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília, DF, 1990.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, L. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

OLDMAN, L. R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J. (Ed.). **Soil resiliense and sustentable land use.** Wallingtord: CAB international, 1994. p. 99-118.

RESENDE, A. V.; KONDO, M. K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 46-56, 2001.

RESENDE, A. S. de; MACEDO, M. O.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Recuperação de áreas degradadas através da reengenharia ecológica. In: GARAY, I.; BECKER, B. K. **Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI.** Petrópolis: Editora Vozes, 2006. p. 315-340.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília, DF: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 236 p.



Agrobiologia

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

