

ALEXANDRE D'AVILA DE ALMEIDA

**USO DA CAMADA SUPERFICIAL DE SOLO NA REVEGETAÇÃO
DO ESTÉRIL DA EXTRAÇÃO DE GRANITO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A447u
2006

Almeida, Alexandre D'Avila de, 1973-

Uso da camada superficial de solo na revegetação do estéril da extração de granito / Alexandre D'Avila de Almeida. – Viçosa : UFV, 2006.
xi, 57f. : il. (algumas col.) ; 29 cm.

Orientador: Cristine Carole Mugler.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 51-57.

1. Solos - Conservação. 2. Revegetação. 3. Recuperação de terra. 4. Minas e recursos minerais - Aspectos ambientais. 5. Granito. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 631.45

ALEXANDRE D'AVILA DE ALMEIDA

**USO DA CAMADA SUPERFICIAL DE SOLO NA REVEGETAÇÃO
DO ESTÉRIL DA EXTRAÇÃO DE GRANITO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

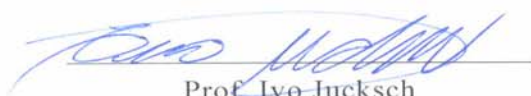
APROVADA: 24 de fevereiro de 2006.



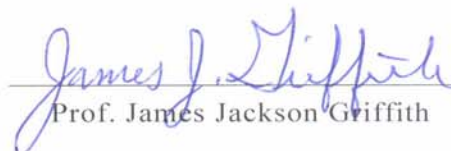
Prof. Luiz Eduardo Dias
(Conselheiro)



Prof. Eduardo de Sá Mendonça
(Conselheiro)



Prof. Ivo Jucksch



Prof. James Jackson Griffith



Prof.^a Cristine Carole Muggler
(Orientadora)

Para *Rosa* e nossos filhos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de minha formação como Pesquisador.

À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

Aos Professores do Departamento de Solos, por propiciar os conhecimentos científicos.

A todos os funcionários, amigos, familiares e anônimos que contribuíram de alguma forma durante a trajetória para conclusão deste trabalho.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Importância do setor de rochas ornamentais no Brasil.....	5
2.2. Aspectos ambientais relacionados à mineração	6
2.3. Impactos ambientais relacionados à mineração de granito.....	7
2.4. Revegetação do material estéril	10
2.5. Condicionamento do material estéril.....	12
2.6. Indicadores da qualidade do solo	13
2.7. Uso do <i>Topsoil</i> na recuperação de áreas degradadas	14
2.7.1 <i>Topsoil</i> substituto.....	17
2.7.2. Armazenamento de <i>Topsoil</i>	18

3. OBJETIVOS	20
3.1. Geral	20
3.2. Específicos	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Aspectos físicos da área de estudo	22
4.2. Extração do granito	23
4.3. Caracterização do estéril.....	26
4.4. Montagem do experimento	27
4.4.1. Análises do experimento	31
4.4.1.1. Avaliação biométrica de <i>Joannesia princeps</i> Vell.	31
4.4.1.2. Matéria seca da vegetação espontânea	31
4.4.1.3. Análises químicas e microbiológicas	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Análises da vegetação.....	33
5.2. Análises do estéril	41
6. CONCLUSÕES	47
7. RECOMENDAÇÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Granulometria do material estéril	26
2 - Caracterização química da amostra de material estéril	27
3 - Descrição dos tratamentos avaliados no experimento	28
4 - Médias do acréscimo em altura da planta indicadora (ΔH) e da produção de matéria seca da parte aérea de plantas espontâneas (MS) após 120 dias do plantio	34
5 - Espécies herbáceas germinadas espontaneamente nos vasos	36
6 - Contrastes médios e suas significâncias para o acréscimo em altura da planta indicadora (ΔH) e da matéria seca da parte aérea da vegetação espontânea (MS) calculadas com totais de tratamentos.....	36
7 - Médias (\hat{y}) de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano (q_{Mic}) de amostras do substrato dos tratamentos após 120 dias do plantio.....	42
8 - Contrastes médios e suas significâncias para carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras do substrato dos tratamentos calculadas com totais de tratamentos.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 - Estéril resultante da extração do granito.	10
2 - Efeito da erosão sobre os depósitos de estéril (vista superior).	24
3 - Represa de contenção antes do início da estação chuvosa.	25
4 - Represa de contenção ao término da estação chuvosa.	25
5 - Representação gráfica dos tratamentos avaliados no experimento.	29
6 - Variação da altura de <i>J. princeps</i> em função do tempo para os diversos tratamentos.	34
7 - Análise de regressão linear dos tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20 para o critério altura de <i>J. princeps</i>	35
8 - Teores de COT no substrato em função da espessura da camada de <i>topsoil</i> utilizada.....	43
9 - Teores de N total no substrato em função da espessura da camada de <i>Topsoil</i> utilizada.....	43

RESUMO

ALMEIDA, ALEXANDRE D'AVILA. M.S., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2006. **Uso da camada superficial de solo na revegetação do estéril de extração de granito**. Orientadora: Cristine Carole Muggler. Conselheiros: Eduardo de Sá Mendonça e Luiz Eduardo Dias.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de utilização da camada superficial do solo (*topsoil*) como cobertura de depósitos de estéril da extração de granito de modo a proporcionar a este substrato condições para o estabelecimento de uma comunidade vegetal. Para tanto, foi executado um experimento em casa de vegetação com sete tratamentos (estéril, estéril + 5,0 cm *topsoil*, estéril + 10,0 cm *topsoil*, estéril + 20,0 cm *topsoil*, estéril + 10,0 cm horizonte B, estéril + 4 L de esterco de curral incorporado e estéril + 10,0 cm *topsoil* armazenado no ano anterior). As unidades experimentais foram constituídas por um vaso com capacidade de 32 dm³ de substrato onde foi realizado o plantio de uma muda de *Joannesia princeps* Vell. como planta indicadora. O experimento foi acompanhado durante 120 dias. Ao fim deste período foram realizadas as avaliações biométricas das plantas indicadoras, bem como análise da matéria seca da vegetação germinada espontaneamente em cada vaso. Também foram coletadas amostras do substrato de cada vaso para análises microbiológicas (CBM e *qMic*), de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT). Os resultados não evidenciaram diferença significativa

entre as espessuras de 5, 10 e 20 cm, ou mesmo ao não uso do *topsoil*, para o estabelecimento de uma comunidade inicial de herbáceas através da germinação espontânea. A adição do *topsoil* (10 cm) mostrou-se eficiente, porém, na etapa de estabelecimento da vegetação arbórea, ao propiciar um incremento significativo no crescimento de *Joannesia princeps* Vell. Em ambas as situações, a incorporação de esterco de curral (4 L) foi o tratamento que acarretou maior crescimento das plantas. Não foi verificado efeito positivo na substituição do *topsoil* por camada de igual espessura formada por material oriundo do horizonte B do solo. Quanto à utilização de *topsoil* já armazenado anteriormente, não foi comprovada diminuição de sua qualidade para o tempo do armazenamento de 12 meses. As análises químicas e microbiológicas utilizadas não foram capazes de detectar significativas alterações na microbiota das amostras do substrato estéril, porém evidenciaram uma tendência de aumento dos teores de COT e NT das amostras ao aumento da espessura da camada de *Topsoil*.

ABSTRACT

ALMEIDA, ALEXANDRE D'AVILA. M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2006. **Use of soil surface layers in revegetation of waste-rock piles from granite mining.** Adviser: Cristine Carole Muggler. Committee Members: Eduardo de Sá Mendonça and Luiz Eduardo Dias.

The present study evaluated the efficacy of using a soil surface layer (topsoil) to cover deposits of waste-rock piles from granite extraction in order to enable the substratum to establish a plant community. With this objective, a greenhouse experiment was conducted with seven treatments (waste-rock, waste-rock + 5.0 cm topsoil, waste-rock + 10,0 cm topsoil, waste-rock + 20.0 cm topsoil, waste-rock + 10.0 cm B horizon, waste-rock + 4 L of incorporated manure, and waste-rock + 10.0 cm topsoil stored in the previous year). The experimental units consisted of a pot holding 32 dm³ substratum where one *Joannesia princeps* Vell. seedling was planted as indicator plant. The experiment was monitored over the course of 120 days. In the end of this period the indicator plants were evaluated biometrically, and the dry matter of the spontaneously germinated vegetation in each pot was analyzed. Substratum samples from each pot were also collected for analyses of microbiological aspects (CBM and qMic), of total organic carbon (COT) and of total nitrogen (NT). The results did not show any significant difference between thicknesses of 5, 10 or 20 cm, or even when no topsoil at all was used, regarding the

establishment of an initial community of herbaceous plants by means of spontaneous germination. *Topsoil* (10 cm) addition proved effective, however, to establish tree vegetation, resulting in a significant growth increment of *Joannesia princeps* Vell. In both situations, the treatment of incorporated manure (4 L) resulted in strongest plant growth. No positive effect was verified by the substitution of topsoil by an equally thick layer of material derived from the soil B horizon. In the case of previously stored topsoil, no quality reduction was verified after a storage time of 12 months. The chemical and microbiological analyses were not able to detect significant alterations in the microbiota of the waste-rock substratum samples, but evidenced a tendency of increased COT and NT contents of the samples with the increasing thickness of the topsoil layers.

1. INTRODUÇÃO

Rochas tais como o granito, o mármore e a ardósia, dentre outras, são amplamente utilizadas na construção civil, em função de seu aspecto decorativo e pelo fato de admitir serragem e polimento. Seu emprego ocorre, principalmente, na confecção de revestimentos internos e externos, pisos, pias, mesas, tampos, arte funerária e adornos. Estas rochas são denominadas comercialmente como rochas ornamentais e, no âmbito da Engenharia de Minas, são enquadradas no grupo dos Minerais e Rochas Industriais (MRI's).

O processo de extração e beneficiamento dos MRI's prevê a utilização de métodos simples, uma vez que o material de interesse não necessita sofrer alterações em sua composição química ou física para que possa ser utilizado comercialmente. Os minerais metálicos, ao contrário, são aqueles em que sua utilização comercial exige a separação do metal de interesse, ou mineral de minério, dos minerais de ganga (BETTENCOURT & MORESCHI, 2000).

Uma vez que o processo de extração das rochas ornamentais encontra-se limitado a operações de desmonte-carga-transporte, o risco de contaminação química ao ambiente torna-se reduzido. Mesmo na etapa de beneficiamento, onde são utilizados materiais como areia, cal, gralha de ferro, gralha de aço e resina para polimento; a adição de insumos é relativamente pequena, comparada ao processo de beneficiamento de minerais de minério.

O grande desafio ambiental da exploração de rochas ornamentais, porém, relaciona-se à destinação final dos resíduos da atividade. Essa questão tem recebido maior atenção nas últimas duas décadas, em função de leis ambientais, movimentos ecológicos em todo o mundo, e até de tarifas ambientais que vêm substituindo as convencionais, aumentando, assim, a necessidade de que todo sistema produtivo atenda as exigências de manejo e gerenciamento adequado dos resíduos gerados por suas atividades industriais (MARQUES, 2001).

No caso da indústria de mineração de granito, os resíduos principais concentram-se nos grandes volumes de estéril e rejeito, gerados nos locais de lavra e da grande quantidade de resíduos finos, a chamada “lama abrasiva”, produzida por ocasião do beneficiamento das rochas (MARQUES, 2001). Atualmente, nota-se já algum progresso na busca de alternativas viáveis para a utilização da lama abrasiva, com vários trabalhos desenvolvidos, indicando seu uso na agricultura e, mais recentemente, pelas indústrias cerâmica e de construção civil (VIDAL, 2003). Outra solução apontada para este resíduo é a deposição controlada do material, formando aterros industriais estáveis (MIRANDA, 2005).

Em relação, porém, aos depósitos de estéril e rejeito das pedreiras, estes continuam avolumando-se sem destinação específica, nos locais de extração (geralmente em locais declivosos) onde estão sujeitos à erosão, gerando impactos ambientais em especial no que se refere ao efeito sobre os recursos hídricos da microbacia onde encontra-se a lavra (MARQUES, 2001). No âmbito da Ciência do Solo, grande contribuição pode ser dada à recuperação de áreas degradadas pela extração de granito através do desenvolvimento de técnicas que possibilitem a minimização do efeito dos agentes erosivos sobre os depósitos de material estéril, principalmente pelo condicionamento deste material para sua revegetação.

Atualmente, no intuito de conter a erosão sobre os depósitos de estéril e rejeito, o IBAMA (1990) recomenda a formação de depósitos de rejeito e estéril a seco e/ou o preenchimento das cavas das minas exauridas com estes materiais ao término da lavra. Em ambas as situações, a recomendação é de que a camada superficial do solo (*topsoil*) seja retirada previamente e armazenada em separado, para que possa ser utilizada no recobrimento dos depósitos

(ALVARENGA et al., 1998; BARTH, 1989; IBAMA, 1990), com a finalidade de recompor o perfil do solo e permitir um desenvolvimento mais rápido da vegetação.

Muito embora a utilização do *topsoil* seja amplamente indicada nos projetos para licenciamento da atividade minerária junto aos órgãos ambientais, nota-se que esta técnica ainda não encontra-se totalmente assimilada pela mineração de granito, especialmente as pequenas e médias empresas. Além disso, percebe-se a deficiência de pesquisas para o desenvolvimento de medidas mitigadoras de impactos específicas para o setor de rochas ornamentais.

Dentre os critérios para o emprego de *topsoil*, a espessura da camada, a partir da qual já seria possível o desenvolvimento da vegetação em um intervalo de tempo satisfatório sobre o material estéril, é um aspecto a ser melhor definido para possibilitar uma otimização do uso do *topsoil*. Segundo o IBAMA (1990), a espessura da camada de recobrimento, que geralmente situa-se entre 10 e 30 cm, pode variar de acordo com as características do substrato a ser revegetado e com a disponibilidade local deste material, uma vez que, não raras vezes, a lavra de granito ocorre em locais onde o *topsoil* apresenta-se escasso (PFALTZGRAFF & MENDES, 2005).

Nas situações onde não existe no local *topsoil* em quantidade suficiente, TOY & DANIELS (1998), sugerem que este seja substituído por material subsuperficial como meio alternativo para o crescimento das plantas. Dessa forma, faz-se importante, também, a análise do material proveniente do horizonte B do solo a ser utilizado como *topsoil* substituto nas situações de escassez do horizonte A.

Considerando-se que, uma vez armazenado, o *topsoil* pode, com o tempo, sofrer alterações químicas e microbiológicas em sua composição, a avaliação do efeito do tempo de armazenagem do *topsoil* sobre seu potencial como fonte de propágulos corresponde a uma importante informação para otimizar seu emprego como técnica de recuperação.

Finalmente, a avaliação comparativa entre a adição de *topsoil* e técnicas simples como a incorporação de uma fonte nitrogenada ao substrato, também surgem como informações importantes para a tomada de decisão de em quais situações seria recomendável a utilização deste material.

Neste contexto, o presente trabalho, busca analisar a influência de diferentes espessuras e composições da camada de *topsoil* no estabelecimento de plantas sobre o material estéril resultante da extração do granito e seu efeito sobre o teor de matéria orgânica e a microbiota do substrato estéril, com vistas a sua revegetação para contenção do processo erosivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância do setor de rochas ornamentais no Brasil

Devido a sua grande diversidade litológica com potencial ornamental, o Brasil é, atualmente, um dos grandes produtores e exportadores mundiais de blocos comerciais de rochas ornamentais e derivados. Destacam-se os gnaisses orto e paraderivados, bandados ou não, mármore, ardósias, quartzitos, rochas granitóides e alcalinas. Adicionalmente, são encontrados no País, rochas com padrões de cor e texturas peculiares, que podem ser considerados exóticos, tais como pegmatitos, migmatitos e rochas calciossilicatadas. Toda essa variedade permite que o Brasil se encontre entre os seis maiores produtores mundiais de rochas ornamentais (BRAVO, 2005).

A produção brasileira anual situa-se na casa dos 6 milhões de toneladas, abrangendo 600 variedades comerciais derivadas de 1,5 mil frentes de lavra (SINDIROCHAS, 2004). Estima-se que, no país, existam 11,5 mil empresas atuando no setor de rochas, gerando 120 mil empregos diretos. As rochas destinam-se ao mercado da construção civil, sendo utilizadas para pavimentos internos e externos (37%), tampos e bancadas (20%), arte funerária (12%), fachadas (10%), revestimentos internos (10%) e obras estruturais (5%), dentre outros usos (SINDIROCHAS, 2004). Dentre os tipos de rochas ornamentais produzidas no país, os granitos surgem como os mais comumente utilizados, perfazendo 57,5% do total, seguido pelo mármore (16,5%), a ardósia (8,3%) e o quartzito (5,6%).

O Estado do Espírito Santo situa-se na vanguarda nacional no que diz respeito à produção e beneficiamento de rochas (BRAVO, 2005). Isso se deve não só pelo fato de sua aptidão natural, mas também pelo pioneirismo que implantou as primeiras frentes de lavra de mármore, à partir da segunda metade do século XX. A exploração de rochas ornamentais iniciou-se, no estado, na década de 60, com o declínio da cafeicultura e a descoberta de jazidas de mármore branco na região de Cachoeiro de Itapemirim (RODRIGUES, 2003). Hoje, o estado destaca-se no cenário nacional como o maior produtor, processador e exportador de granitos e mármore do Brasil, sendo responsável por 47% do total produzido e por 56% do total exportado (SARCINELLI, 2005). Atualmente o parque fabril do estado possui 1.180 teares para serragem dos blocos, o que equivale a 57% do total em atividade no país, abrigando, ainda, 30 fabricantes de máquinas para o setor, o que corresponde a 80% do total de indústrias no país especializadas em produzir equipamentos para a produção e o beneficiamento de rochas ornamentais (SARCINELLI, 2005). A cidade de Cachoeiro de Itapemirim, no sul do estado, surge como maior pólo brasileiro das indústrias do setor (BRAVO, 2005), concentrando 60% do total das indústrias do estado (SARCINELLI, 2005).

2.2. Aspectos ambientais relacionados à mineração

A mineração, embora seja uma atividade industrial sempre necessária para a sociedade, produz impactos ambientais significativos em todas as suas fases: prospecção e pesquisa, extração, beneficiamento, refino e fechamento de minas. Tais impactos, apesar de apresentarem extensão e duração inferior ao de outras atividades humanas como a agricultura e a pecuária, são considerados mais graves que os destas atividades, ao se considerar a intensidade do dano ambiental produzido (DIAS & GRIFFITH, 1998).

Dentre as consequências irreversíveis da atividade mineradora para o ambiente, incluem-se a perda e alteração dos solos, a liberação de substâncias tóxicas para cursos d'água à partir das minas, das bacias e pilhas de rejeitos, e a provável alteração das águas subterrâneas, da flora e da fauna originais (FIGUEIREDO, 2000). No solo, os possíveis impactos da mineração podem

verificar-se na forma de alterações físicas (inversão das camadas do solo, compactação provocada pelo trânsito de máquinas), químicas (perda de matéria orgânica e nutrientes, exposição de materiais pouco intemperizados) e biológicas (exposição de camadas com menor teor de carbono orgânico e menor atividade biológica). Tais alterações podem apresentar intensidade variável dependendo das características de geologia, relevo e solos locais (DIAS, 2003).

No caso específico da extração de rochas ornamentais, os principais impactos estão relacionados ao efeito dos agentes erosivos sobre os depósitos de rejeitos e estéreis. Por rejeito entende-se toda substância não econômica, separada do material de interesse pelo beneficiamento (IBAMA, 1990). No caso de rochas ornamentais o rejeito corresponde aos fragmentos de rocha retirados do bloco para colocá-lo em condições comerciais, ou seja, todo fragmento do material rochoso não aproveitável economicamente, em função de suas dimensões reduzidas ou irregulares, ou de possíveis falhas ou trincas do material. Já o estéril é definido como a substância natural (solo, rocha, subsolo) não aproveitável economicamente, que ocorre em camadas sobre o material de interesse, ou intimamente ligado a este (IBAMA, 1990). Na extração de rochas ornamentais, considera-se estéril todo o solo que encontra-se sobre a rocha de interesse. Desse modo, a intensidade da degradação provocada pela extração de rochas ornamentais dependerá do volume, do tipo de mineração e dos rejeitos produzidos, sendo que a recuperação destes estéreis e rejeitos deve ser considerada como parte do processo de mineração (BARTH, 1989).

2.3. Impactos ambientais relacionados à mineração de granito

Os impactos ambientais resultantes da mineração de granito devem ser diferenciados, dentre os gerados na fase de extração ou lavra, daqueles produzidos nas etapas de beneficiamento das rochas.

A etapa de beneficiamento (serragem, corte, polimento e acabamento) gera o acúmulo de grandes quantidades de resíduos finos, que são lançados no ambiente, podendo ocasionar o assoreamento de rios e córregos da região onde estão instalados teares e talha-blocos (VIDAL, 2003). A maior causa de impacto desta fase, corresponde ao lançamento destes resíduos sob a forma de polpa

(lama abrasiva) em tanques de deposição ou nos cursos d'água, podendo causar, além de incremento da turbidez, a solubilização de metais pesados pelo tempo de contato com a água. Atualmente, nota-se algum progresso na descoberta de alternativas viáveis para a utilização da lama abrasiva, com vários trabalhos desenvolvidos, indicando seu uso pelas indústrias de cerâmica e construção civil (VIDAL, 2003).

Em relação à etapa de lavra, apesar das diversas metodologias atualmente existentes para a retirada dos blocos do maciço rochoso, como: fio diamantado, fio helicoidal, massa expansiva, cargas explosivas, perfuratriz pneumática, cunhas, etc. (PINHEIRO, 2002); a seqüência de operações de uma pedreira de granito vê-se resumida aos procedimentos de desmonte-carga-transporte. Assim sendo, a possibilidade de contaminação química nesta fase ficaria restrita a possíveis resíduos de óleo diesel ou pólvora negra proveniente das cargas explosivas que são utilizadas durante o processo de lavra (VIDAL, 2005). Nesta etapa, o principal impacto no ambiente corresponde ao arraste, pela água pluvial, de partículas finas das áreas decapeadas, podendo ocasionar incremento da turbidez e do teor de partículas em suspensão nos recursos hídricos do local onde encontra-se inserida a lavra (MARQUES, 2001). Em função das graves conseqüências do efeito da erosão sobre os depósitos de estéril, dentre as diretrizes para licenciamento da instalação de empreendimentos de lavra do granito junto aos órgãos ambientais consta que os taludes expostos deverão ser protegidos contra a erosão, observando-se critérios técnicos e geotécnicos na sua deposição (CERQUEIRA, 2003).

Apesar de todo impacto, inclusive visual, causado pelos resíduos da etapa de extração do granito, pouco se tem avançado na busca de alternativas viáveis para a destinação do rejeito e do estéril produzido nas operações de lavra. Em função de apresentarem natureza física diferenciada, a determinação de técnicas para a disposição final do estéril e do rejeito passa, necessariamente, por caminhos distintos.

O controle do volume de rejeito gerado exige uma otimização do processo de extração das rochas de modo a se obter maiores índices de aproveitamento ou recuperação das pedreiras. O índice de recuperação das pedreiras é dado pela relação entre o volume líquido de blocos comercializáveis e o volume total bruto de rocha desmontada (PINHEIRO, 2002). Assim, o

controle sobre o volume de rejeitos produzidos estaria relacionado a aspectos da Engenharia de Minas e dependente do avanço das técnicas de extração e do desenvolvimento de equipamentos e métodos mais eficientes na extração das rochas. Atualmente, a recuperação das pedreiras atinge, em média, valores significativos da ordem de 60%, chegando a 30% nas lavras de matacão (VIDAL, 2005), que são os blocos de rocha individualizados (separados do maciço rochoso), originados *in situ*, ou por transporte ao longo do tempo geológico (PINHEIRO 2002).

Dessa forma, a diminuição do volume de rejeitos gerado na pedreira estaria condicionada ao planejamento da atividade extrativa, que, atualmente, no cenário nacional é praticamente inexistente. No Brasil, pratica-se uma lavra sem o rigor técnico necessário, com abertura indiscriminada de frentes de lavra (PINHEIRO, 2002). Um planejamento mais detalhado, inclusive com o desenvolvimento de uma lavra piloto ou experimental, possibilitaria a determinação prévia de índices de recuperação do material aproveitável, definindo com maior precisão a viabilidade econômica do empreendimento mineiro. Além disso, trabalhos, como o de VIDAL (2005), apontam soluções para aumentar o índice de recuperação das pedreiras e otimizar a produção das jazidas pela utilização dos rejeitos, através do aproveitamento de blocos com tamanho fora de padrão por máquinas talha-blocos, reduzindo, dessa forma, o volume de rejeitos gerado na extração da rocha. Outra alternativa para os rejeitos da atividade vem sendo sua utilização como material de preenchimento de cortes ou cavas anteriormente mineradas (IBAMA, 1990).

Em relação ao material estéril (Figura 1), o IBAMA (1990) também recomenda seu uso no preenchimento da área lavrada. Na impossibilidade desta, a indicação é que estes materiais sejam acondicionados na forma de depósitos a seco em áreas previamente destinadas a esta finalidade, anteriormente chamadas de áreas de bota-fora.

No âmbito da Ciência do Solo, grande contribuição pode ser dada à recuperação de áreas degradadas pela extração de granito através do desenvolvimento de técnicas que possibilitem a minimização do efeito dos agentes erosivos sobre os depósitos de material estéril, principalmente através do condicionamento deste material para sua revegetação.



Figura 1 - Estéril resultante da extração do granito.

2.4. Revegetação do material estéril

Considerando que o recobrimento efetivo e oportuno com vegetação é o melhor e mais eficaz caminho para minimizar os efeitos indesejáveis da mineração (BARTH, 1989), a recuperação de áreas degradadas pela mineração fundamenta-se, basicamente, no revestimento vegetal (ALVARENGA et al., 1988). No entanto, apesar da ênfase dada aos aspectos de recobrimento vegetal nos projetos de recuperação, outros aspectos desta, tais como, qualidade da água, fauna, restauração paisagística, etc, não devem ter sua importância diminuída (BARTH, 1989).

A vegetação é o fator mais importante no controle da erosão, principalmente porque: a) constitui barreira física ao transporte do material; b) proporciona uma estrutura mais sólida ao solo, devido ao sistema radicular; c) amortece o impacto das águas de chuva sobre o solo e; d) eleva a porosidade do solo e, portanto, sua capacidade de absorção da água. Desse modo, o transporte de solo é muito reduzido nas regiões onde este é coberto de vegetação, seja arbórea ou rasteira. De um modo geral, as gramíneas, possuidoras de denso sistema radicular superficial, são particularmente vantajosas para a diminuir o

efeito da erosão pluvial, em função da grande capacidade de suas raízes em reter as partículas do solo.

A respeito do tipo de vegetação a ser implantada na recuperação de áreas degradadas, a estratégia do “tapete verde”, que preconizava o uso de espécies herbáceas agressivas e de rápido crescimento dando uma cobertura homogênea ao solo, foi, aos poucos, aperfeiçoada pelo incremento dos conhecimentos de sucessão ecológica. Desse modo, começaram a surgir trabalhos recomendando o plantio de vegetação herbácea em consórcio com certas espécies arbóreas para facilitar o controle da erosão e melhorar o crescimento das árvores à longo prazo. VOGEL (1973), demonstrou que a rápida cobertura estabelecida pela vegetação herbácea, principalmente por gramíneas, retardou o crescimento de árvores plantadas no mesmo local até os três anos de idade. Após esse período, as árvores plantadas juntamente com a vegetação herbácea demonstraram maior crescimento que as plantadas sem vegetação acompanhante.

Para a recuperação de áreas degradadas, a abordagem de revegetação mais aceita atualmente foi concebida em 1994 por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa e definida como “estratégia em duas fases”. Esta estratégia prevê duas fases distintas na revegetação dos cenários degradados, sendo a primeira fase caracterizada pelo desenvolvimento de espécies herbáceas de rápido crescimento (tapete verde), que auxiliariam no condicionamento físico, químico e biológico do substrato para receber espécies implantadas na fase 2. Nesta segunda fase, haveria o plantio de espécies arbóreas, segundo um processo de sucessão ecológica, de modo a permitir a obtenção de um equilíbrio entre os componentes do ecossistema e sua auto-sustentabilidade.

Finalmente, dentre todas as técnicas de revegetação, a regeneração natural pode ser o procedimento de menor custo para restaurar áreas degradadas (CUSATIS, 2001). A recolocação da camada superior do solo como fonte de propágulos para o estabelecimento das espécies vegetais é, também neste caso, indicada como técnica para acelerar o processo de regeneração.

2.5. Condicionamento do material estéril

No local de extração de granito, a movimentação de grandes volumes de solo, tanto para a extração da rocha como para a abertura de pátios e vias de acesso, provoca uma grande exposição de material estéril proveniente do horizonte C do solo. A inversão de horizontes, trazendo à superfície grande quantidade deste material, cuja revegetação natural ocorre muito lentamente, faz com que o estéril permaneça, por longo período de tempo, acumulado nos pátios e encostas das vias de acesso das pedreiras em depósitos descobertos, altamente susceptíveis a erosão. Muitas vezes os depósitos são confeccionados em locais impróprios, e, na maioria dos casos, sem controle de drenagem da água pluvial, favorecendo, ainda mais, a ação dos agentes erosivos.

Nestes depósitos, o estabelecimento e o crescimento de plantas são afetados por complicações de ordem química e física causadas pela presença de fragmentos de rocha e pela inversão dos horizontes. Devido a isto, o condicionamento destes materiais necessita de procedimentos que envolvam um real conhecimento do material, embasado por análises químicas e físicas, além da identificação das principais rochas e materiais remanescentes (DIAS, 1998).

A dificuldade para o estabelecimento de plantas neste tipo de substrato inóspito é descrita em trabalhos como o de VASCONCELOS (2001), que trabalhando com pilhas de estéril geradas pela mineração de Quartzito, descreve que a vegetação eliminada no processo minerário não se regenera facilmente e a sucessão natural apresenta-se de forma lenta e ainda agravada pela ausência total de matéria orgânica, justificando-se, assim, a intervenção no processo de revegetação.

Considerando que o conceito de solo pressupõe a presença de um horizonte superficial com maiores concentrações de carbono e de uma biota associada a este horizonte (DIAS, 1998), o estéril da extração de granito não pode ser definido como solo, mas sim como um substrato remanescente da degradação da área. A transformação deste substrato em solo estaria condicionada, principalmente, ao incremento da atividade microbiológica e à elevação nos teores de nutrientes, seja via incorporação de uma fonte nitrogenada, seja por influência da cobertura com uma camada de solo orgânico. Em ambas as situações, o condicionamento do estéril seria consequência dos

benefícios causados pelo estabelecimento de uma vegetação inicial, tais como: desenvolvimento do sistema radicular de plantas, estabelecimento de macro e microbiota, melhor retenção de água, mistura de materiais via percolação de água e lixiviação de nutrientes oriundos da camada orgânica de cobertura.

2.6. Indicadores da qualidade do solo

O conhecimento do material estéril visando sua revegetação, assim como a avaliação das alterações de suas características com o tempo, pressupõe uma definição do que vem a ser qualidade do solo ou substrato.

O conceito de qualidade do solo envolve vários atributos que devem ser avaliados em conjunto, compondo um conjunto mínimo de dados (LYNCH, 2004). No caso de sistemas de monitoramento de alterações da qualidade do solo, é interessante, também, que os dados sejam obtidos com procedimentos simples e de baixo custo, podendo abranger, inclusive, a análise de aspectos visuais da vegetação estabelecida (ALMEIDA & SANCHEZ, 2005).

Os modelos para determinação da qualidade do solo anteriormente utilizados atribuem maior importância aos indicadores de caráter físico (temperatura, densidade, porosidade, agregação, retenção de água) e químico (teor de P, teor de N, matéria orgânica, P-orgânico, capacidade de troca catiônica, pH). Abordagens mais recentes, porém, levam em consideração, principalmente, os aspectos microbiológicos.

Em estudos de recuperação de áreas degradadas, as características microbiológicas têm recebido maior ênfase pela maior sensibilidade em detectar alterações ocorridas no ambiente (CHAER, 2001). Dessa forma, esses indicadores tornam-se mais rápidos e eficientes para detectar possíveis melhorias na qualidade do solo quando submetido a determinada técnica de recuperação. Da mesma forma podem indicar, antes mesmo que haja alterações de ordem química ou física no solo, sinais de perda de qualidade deste. No caso específico de materiais geológicos remanejados durante o processo de mineração, como o estéril armazenado em depósitos controlados, a avaliação da qualidade do substrato via utilização de indicadores microbiológicos torna-se a alternativa mais confiável, uma vez que tais materiais apresentam, muitas vezes, sua condição física e química alteradas em função de sua remoção e transporte.

Em geral, nos estudos que focam a qualidade do solo, há ênfase na avaliação da atividade microbiana (respiração basal e quociente metabólico), na quantificação da biomassa de microorganismos (carbono orgânico total, C e N da biomassa microbiana, quociente microbiano) e na medição de várias enzimas do solo envolvidas na ciclagem de nutrientes chaves (desidrogenases, β glicosidase, fosfatases, urease, etc). Dentre todas estas opções de indicadores microbiológicos para a análise da qualidade do solo, a avaliação da biomassa da microbiota, especialmente através da determinação do carbono da biomassa microbiana, destaca-se como bom indicador do estágio de degradação do solo (OLIVEIRA, 2003) e como um dos índices mais indicados para avaliar o estágio de recuperação de áreas degradadas (RUIVO, 1998), devido à sua sensibilidade à pequenas diferenças edáficas nos sítios degradados.

A determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), juntamente com o carbono orgânico total (COT) para a avaliação da qualidade de um dado substrato ou solo, permite a obtenção do quociente microbiano ($qMIC$), correspondente à razão entre os dois ($qMIC = CBM/COT \times 100$). Esta relação fornece uma estimativa da contribuição do reservatório microbiano de C para o solo, e também do *status* metabólico do mesmo. Maiores valores de $qMIC$ indicam condições favoráveis do meio, já que refletem um aumento da biomassa microbiana (CBM) mesmo com o nível de carbono orgânico mantendo-se inalterado.

Mesmo nas situações em que, isoladamente, o CBM não se apresenta como bom indicador da qualidade do solo, sua utilização, compondo o quociente microbiano, mostra-se importante para a análise da evolução da qualidade do solo em áreas submetidas a diferentes técnicas de recuperação (LYNCH, 2004).

2.7. Uso do *Topsoil* na recuperação de áreas degradadas

O termo *topsoil* é utilizado para designar a faixa mais superficial do solo com influência mais marcante da matéria orgânica, fauna do solo e nutrientes minerais (IBAMA, 1990; BARTH, 1989; GRIFFITH, 2005). Sua espessura, porém, é variável em função da disponibilidade de material do solo, condições locais e vegetação a ser utilizada. Alguns autores referem-se a esta

camada como algo na faixa de 0,5 a 2,0 m de espessura (SANTOS, 2005), ou seja, podendo incluir o horizonte B. Normalmente, porém, a espessura da camada orgânica do solo situa-se entre 10 e 30 cm (IBAMA, 1990). Trabalhos internacionais, no entanto, por vezes utilizam o termo *topsoil* de um modo mais genérico como sendo todo o material empregado na cobertura dos depósitos de rejeitos, abrangendo inclusive a camada de estéreis da mineração ou *overburden* (HARRIS & RENGASAMY, 2004).

São vários os prejuízos causados pela remoção da camada de *topsoil* para o desenvolvimento da vegetação (ALLISON & AUSDEN, 2004; SPARLING et al., 2003; WARIU & LAL, 2002, FROUZ & NOVAKOVA, 2004). Em função disto, dentre as medidas mitigadoras de impactos da atividade minerária, aconselha-se que esta camada superficial e o horizonte B (profundidade variável) sejam retirados e armazenados, separadamente, em local protegido dos efeitos da erosão, de tal forma que possam ser distribuídos superficialmente por ocasião da recuperação, numa tentativa de recompor o perfil do solo (ALVARENGA et al., 1998).

Diversos estudos confirmam a importância do armazenamento e retorno da camada de *topsoil* como camada de recobrimento dos depósitos de estéril (LORENZO, 1991; SOUZA, 2003; SANTOS, 1996). O retorno deste material visa o condicionamento do estéril para o estabelecimento de uma comunidade de plantas, uma vez que materiais de rejeitos das minas e materiais geológicos recentemente expostos são, praticamente, destituídos de N disponível (TOY & DANIELS, 1998). Em muitos casos, o simples fato de se colocar a camada de *topsoil* já implica numa redução significativa da necessidade de adubação de manutenção da vegetação implantada (SOUZA, 1996). Vários autores ressaltam, também, a importância do *topsoil* como fonte de propágulos, principalmente quando utilizado em associação com a serrapilheira de mata (CUSATIS, 2001; GRIFFITH, 2005; SKRINDO & PEDERSEN, 2004; OZÓRIO, 2000). Além da importância do *topsoil* como fonte de nutrientes, matéria orgânica e propágulos, o retorno *topsoil* para o sistema em recuperação, tem importante papel de servir como fonte de microorganismos (BARTH, 1989).

A retirada do *topsoil* do perfil do solo tem influência direta sobre a estrutura e as características físicas do solo. Como no caso das pilhas de rejeitos, onde a dificuldade de fixação das raízes das plantas, bem como a

dificuldade do rejeito em reter água impede o desenvolvimento de qualquer vegetação diretamente sobre este material quando não recobertos por uma camada de solo superficial (GHOSE, 2004).

Uma das dificuldades em se realizar o armazenamento e retorno do *topsoil*, reside no fato deste apresentar-se com pequena espessura no perfil de grande parte das classes de solo de ocorrência no país. Este problema é comumente observado em áreas de extração de granito, uma vez que na maioria dos casos, tratam-se de áreas de relevo acidentado, evidenciado pelo afloramento de rochas, onde a taxa de decomposição da matéria orgânica e de formação do solo não é suficientemente rápida para acompanhar o processo erosivo. Associado a isto, tem-se que em grande parte destes solos, a cobertura vegetal encontra-se bastante reduzida, por fatores naturais ou antrópicos, resultando em solos com pequena contribuição de matéria orgânica.

Assim sendo, existe a necessidade de que sua utilização seja otimizada, de modo a se obter o maior desenvolvimento possível da vegetação utilizando-se um menor volume possível de *topsoil*. Dessa forma, surge a necessidade de pesquisas que informem, para um dado substrato, qual a espessura mínima da camada de *topsoil* a partir da qual esta já estará, efetivamente, contribuindo no condicionamento do material estéril para sua revegetação. O IBAMA (1990) indica que esta cobertura mínima deve variar em função da espessura da camada de *topsoil* possível de ser aproveitada na região da lavra e também do tipo de estéril ou rejeito que pretende-se revegetar. O ideal é que o *topsoil* seja aplicado em sua espessura original, porém, frequentemente ocorrem perdas durante as operações de mineração e o *topsoil* restante é utilizado para cobrir áreas maiores que aquelas das quais eles foram removidos, resultando em camadas orgânicas mais finas e compactas do que o aconselhável para recobrir os materiais que se deseja revegetar (TOY & DANIELS, 1998).

Outros fatores contribuem para que a utilização do *topsoil*, na prática, não encontre-se tão difundida dentre as áreas de extração de granito do país. As áreas de exploração de rochas ornamentais apresentam solo raso pelo próprio afloramento destas e são relacionadas a áreas muito declivosas, onde a erosão é maior que o processo pedogenético. Assim sendo, alega-se, para a não utilização do material, pouca profundidade do solo superficial, ou quantidade excessiva de rochas, porém, nota-se que, no caso das pequenas e médias

mineradoras, um fator relevante corresponde ao fato das operações de topssolagem onerarem o custo de produção.

Desse modo, apesar dos diversos benefícios advindos do armazenamento e retorno do *topsoil* para a recuperação de áreas degradadas, trata-se de uma prática pouco utilizada nas pedreiras de granito devido, principalmente, ao custo e a escassez de material.

2.7.1. *Topsoil* substituto

Nos casos em que não exista no local uma camada de solo superficial ou quando os volumes de *topsoil* são insuficientes para cobrir a superfície de recuperação, recomenda-se sua substituição por outro material geológico alternativo adequado como meio físico para o crescimento das plantas. Nestas situações, deve ser identificado o melhor material substituto, baseado nas propriedades: espessura, tipo de rocha, pH e conteúdo de sais solúveis (TOY & DANIELS, 1998). Em certos casos, até mesmo materiais da camada de estéril são usados como substitutos.

Embora o emprego de tais materiais substitutos seja, em situações especiais, indicado para o plantio de espécies vegetais, são materiais, reconhecidamente, de qualidade inferior ao *topsoil* propriamente dito.

Muitas vezes, a remoção incorreta do *topsoil* faz com que este se misture ao material subjacente resultando em perdas de sua qualidade, uma vez que, subsolos naturais (horizonte B) são freqüentemente mais ácidos e argilosos que os *topsoils*, o que os fazem menos hospitaleiros para o crescimento das plantas (TOY & DANIELS, 1998). O decréscimo da qualidade do material proveniente de misturas de horizontes se faz mais claramente perceptível quando sua estrutura natural é destruída por processos de escarificação.

Desse modo, em casos de escassez do *topsoil* propriamente dito, é importante analisar, se o material ou horizonte do perfil do solo a ser utilizado como substituto apresenta potencial para permitir o estabelecimento de uma comunidade vegetal. Caso contrário, esta substituição deve ser descartada, de modo a se evitar a remoção desnecessária de material e a ocorrência de impactos adicionais nas chamadas áreas de empréstimo.

2.7.2. Armazenamento do *Topsoil*

O armazenamento do *topsoil* não deve ocorrer por tempo indeterminado. O tempo de armazenamento não deve ser superior ao período de tempo em que o *topsoil* estocado permaneça com condições para ser utilizado em práticas de recuperação de áreas (GHOSE, 2001). Este período deve ser definido para cada área em particular. Com o tempo, poderá ocorrer uma perda da viabilidade das sementes contidas no *topsoil* e, paralelamente a isto, as sementes situadas mais superficialmente no depósito de *topsoil* irão germinar já durante o período de armazenamento do material.

Quando o *topsoil* é armazenado, a atividade biológica cresce, inicialmente, reduzindo à medida que o substrato orgânico decresce. A compactação das camadas cria condições anaeróbicas que podem acarretar uma diminuição da biomassa microbiana e um aumento da concentração de amônia e dióxido de carbono, de forma que a estocagem do *topsoil* por períodos superiores ao de sua vida útil acarreta diminuição no potencial de germinação espontânea de plântulas. Além disso, condições de anaerobiose do interior do depósito causarão, no decorrer do tempo, diminuição da atividade de microorganismos. Desse modo, para a estocagem do *topsoil* por períodos superiores ao de sua vida útil em dado local, técnicas de recuperação microbiológica devem ser utilizadas.

Em função disto, IBAMA (1990), recomenda que o *topsoil* seja armazenado, se necessário, por um período máximo de dois anos, para que não haja perdas significativas em sua qualidade e em seu potencial como fonte de propágulos.

A estocagem da camada superficial do solo pode ser feita em cordões ou leiras, de até 1 m de altura, ou em pilhas individuais de 5 a 8 m³ (IBAMA, 1990). As leiras ou pilhas devem ser revolvidas periodicamente. Esta prática permite a aeração do *topsoil*, visando uma melhor preservação da atividade biológica. Quando não utilizadas em curto espaço de tempo, geralmente inferior a um ano, as pilhas devem ser cobertas por serrapilheira ou por espécies herbáceas, implantadas ou espontâneas, para minimizar os efeitos da insolação e lixiviação. Os locais das pilhas devem ser preparados com obras de drenagem e proteção à pilha que será formada.

O teor de umidade do *topsoil* no momento de sua remoção é um ponto de controvérsia. Enquanto certos autores afirmam que o *topsoil* não deve ser estocado quando estiver muito úmido ou seco, porque isso tende a degradar a estrutura do solo e impede a aplicação de uma espessura uniforme (TOY & DANIELS, 1998), outros aconselham que o *topsoil* seja removido o mais seco possível, uma vez que isto pode reduzir o risco de compactação e danos provocados à estrutura do solo (GHOSE, 2003).

Dessa forma, levando em consideração os critérios já definidos e os em discussão, quanto ao uso do *topsoil* no processo de recuperação, bem como as peculiaridades do material estéril componente do passivo ambiental das lavras de granito, procurou-se neste trabalho a definição de um substrato, à partir da combinação destes materiais, que impusesse o menor grau de limitações ao desenvolvimento de espécies vegetais, sendo, ao mesmo tempo, de obtenção simples e barata ao pequeno minerador.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar a influência da espessura e da composição da camada superficial do solo (*topsoil*) no desenvolvimento da vegetação sobre substrato estéril resultante da extração do granito.

3.2. Específicos

- ♦ Verificar a partir de qual espessura o *topsoil* começa a ter influência no condicionamento do estéril de granito para o desenvolvimento de comunidades vegetais.
- ♦ Verificar se, em casos de escassez da camada de *topsoil*, a utilização de material subsuperficial do perfil do solo (horizonte B) como camada de recobrimento do estéril traria algum benefício ao desenvolvimento da vegetação neste substrato.
- ♦ Avaliar se há perda de qualidade do *topsoil* (como fonte de matéria orgânica e propágulos) após o armazenamento pelo período de um ano.

- ♦ Verificar se a utilização de *topsoil* é capaz de promover, em curto intervalo de tempo alterações na atividade dos microorganismos do substrato estéril.
- ♦ Comparar os resultados obtidos com a utilização do *topsoil* aos obtidos com a incorporação de uma fonte orgânica de N (esterco de curral).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Aspectos físicos da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na região do Médio Vale do Rio Doce, em área de extração de granito da empresa Santa Rita Granitos Ltda., localizada no distrito de Córrego Gimirim, município de Aimorés (MG).

A área em que está localizada a pedreira está inserida nos domínios morfoestruturais Maciços Plutônicos, caracterizado por um relevo movimentado com afloramento de grandes massas rochosas. As altitudes são, geralmente, inferiores a 700 m e a cobertura vegetal de Mata Atlântica. A precipitação total anual situa-se entre 1.100 a 1.500 mm, com um total de dias chuvosos entre 70 a 100 mm. O clima predominante é quente e úmido com 4 a 5 meses secos durante o ano. Pela classificação de Köppen, o tipo climático predominante é o Aw, com ocorrência do Cwa nas regiões de altitude.

A região apresenta um relevo de transição entre colinas e maciços rochosos. As colinas possuem vertentes de baixa declividade, facilitando, assim, as operações de lavra de granitos ornamentais. Encontram-se, também, na região planícies aluviais relacionadas aos córregos Gimirim e Água Azul e ao rio Doce, que dista cerca de 3 km da área em estudo.

O embasamento regional é constituído por rochas gnáissicas e migmatíticas pertencentes aos complexos Paraíba do Sul e Medina e às suítes intrusivas de Aimorés e Galiléia, conjuntos formados em eventos magmáticos do Proterozóico Superior (RADAMBRASIL, 1983).

A cobertura pedológica da região é formada por associações de solos, contendo Cambissolos, Argissolo Vermelho-Amarelo, Solos Litólicos e Solos Aluviais (EMBRAPA, 1978). No topo da colina onde encontram-se localizadas as frentes de lavra da empresa ocorre o Latossolo Vermelho-Amarelo, além de solos litólicos em pontos isolados. Nas várzeas adjacentes à encosta são encontrados solos aluviais nas planícies dos córregos Gimirim e Água Azul.

A região possui grande densidade de frentes de lavra de granito, especialmente dos granitos amarelos ou *giallos*. A Santa Rita Granitos Ltda. explora o granito Giallo Vicenza. Trata-se de uma rocha não orientada, de textura porfirítica, com cristais de até 2 cm, em uma matriz de textura grosseira. Apresenta como mineral dominante o feldspato potássico de cores amareladas a marrons. A cor amarelada do feldspato é resultante da presença de hidróxido de ferro depositado em microfissuras e nos planos de clivagem deste mineral. Os demais minerais comumente presentes na rocha são quartzo, biotita e anfibólios.

A pedreira encontra-se no limite entre o complexo Paraíba do Sul e a Suíte Aimorés, porém a rocha explorada não é característica de nenhuma das unidades principais descritas na geologia regional. A rocha pode ser proveniente de alteração de charnockitos da Suíte Aimorés, hipótese reforçada pela existência de manchas verdes no maciço rochoso, que poderiam representar porções preservadas de charnockitos (DEMUNER, 2003). Nos maciços rochosos ao redor afloram os charnockitos verdes e a planície próxima é preenchida por sedimentos arenosos e argilosos aluviais.

4.2. Extração do granito

As operações de extração de granito da pedreira são realizadas em várias frentes de lavra, operando simultaneamente, em uma área de encosta de aproximadamente 10 ha, na vertente sul da elevação. Adjacente à encosta, formando um vale em “U”, encontra-se uma várzea de solos aluviais, recortada pelo córrego Gimirim.

Diariamente, a pedreira gera uma grande quantidade de rejeito e, principalmente, de estéril, durante as operações de lavra. Este material é depositado nas encostas e forma taludes altamente susceptíveis à erosão. A atuação dos agentes erosivos, especialmente a água das chuvas, termina por remover grande parte deste material através do arraste das partículas do material estéril, que ocorre, principalmente, na forma de sulcos. O material assoreado deposita-se na várzea impactando uma grande área de pastagem da propriedade adjacente, onde, em alguns pontos, o alcance dos sedimentos dista até 138 m da base da encosta (Figura 2).

Visando minimizar o acúmulo de sedimentos erodidos na propriedade vizinha, a empresa promove, anualmente, a limpeza e reabertura de duas represas de contenção situadas nos pontos mais críticos à base da encosta. A capacidade destas represas foi determinada com o uso do programa Topograph SE, obtendo-se os volumes de 351,90 m³ para a represa 01 e 741,44 m³ para a represa 02. Considerando que, todo ano, ao final da estação das águas, as represas já encontram-se totalmente preenchidas com os sedimentos, estima-se uma perda de solo de 1.093,34 m³ para o período de setembro a março. Este valor tende a ser maior ao considerarmos o material erodido durante todo o ano, inclusive proveniente de erosão laminar, não captado pelas represas (Figuras 3 e 4).



Figura 2 - Efeito da erosão sobre os depósitos de estéril (vista superior).



Figura 3 - Represa de contenção antes do início da estação chuvosa.



Figura 4 - Represa de contenção ao término da estação chuvosa.

A dinâmica das operações nas frentes de lavra não permite a utilização do estéril retirado de uma cava para preencher uma outra desativada, pois, mesmo as inativas podem vir a tornar-se ativas, de acordo com o interesse da empresa, uma vez que as frentes de lavra não são exploradas até a exaustão total da jazida. Assim sendo, todo o estéril deve ser acondicionado em áreas apropriadas, na forma de depósitos de dimensões estáveis onde possa ser realizada sua revegetação.

4.3. Caracterização do estéril

Amostras do material estéril foram coletadas para a execução das análises granulométrica e química, com o intuito de caracterizar este substrato. Para tanto, foram coletadas amostras simples nas pilhas de estéril resultantes da abertura das frentes de lavra da pedreira. Das amostras simples, fez-se uma amostra composta que foi encaminhada para análise nos laboratórios de física do solo e de análises químicas de rotina no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

A análise textural classificou o material estéril como Franco Argilo Arenoso, com os teores das frações granulométricas apresentados no Quadro 1.

As análises químicas do estéril apresentaram, como resultados analíticos, os teores médios apresentados no Quadro 2.

Quadro 1 - Granulometria do material estéril

Areia Grossa	37 %
Areia Fina	14 %
Silte	25 %
Argila	24 %

Quadro 2 - Caracterização química da amostra de material estéril

pH	5,58
P ^{1/}	4,4 mg/cm ³
K ^{2/}	78 mg/cm ³
Ca ^{2+ 3/}	2,27 cmol _c / cm ³
Mg ^{2+ 3/}	1,38 cmol _c / cm ³
Al ^{3+ 4/}	0,10 cmol _c / cm ³
H + Al ^{5/}	2,3 cmol _c / cm ³
SB	3,85 cmol _c / cm ³
(t)	3,95 cmol _c / cm ³
(T)	6,15 cmol _c / cm ³
V	62,6%
M	2,5%
MO ^{6/}	0,63 dag/kg
P-rem ^{7/}	36,5 mg/L
Zn ^{8/}	7,83 mg/dm ³
Fe ^{8/}	12,2 mg/dm ³
Mn ^{8/}	4,3 mg/dm ³
Cu ^{8/}	0,57 mg/dm ³

^{1/} Extração com Mehlich – 1 e dosagem por espectrometria de absorção molecular pelo método da Vitamina C (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{2/} Extração com Melich-1 e dosagem por fotometria de chama (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{3/} Extração com KCl 1,0 mol/L e dosagem por espectrometria de absorção atômica (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{4/} Extração com KCl 1,0 mol/L e dosagem por titulometria (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{5/} Extração com acetato de cálcio a 0,5 mol/L e pH 7,0 e dosagem por titulometria (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{6/} Oxidação com dicromato de potássio (Método Walkley e Black) e M.O.= C. O. x 1,724 (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

^{7/} Método da solução de equilíbrio (ALVAREZ V. et al., 2000).

^{8/} Extração com Mehlich-1 e dosagem por espectrometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1999).

Uma vez que, a amostra apresentou baixa acidez e bons valores de saturação de bases, foi detectado que não havia necessidade de correção de acidez, conforme indicações da 5ª Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

4.4. Montagem do experimento

O experimento foi conduzido durante o período de julho a novembro de 2004, em um telado construído na pedreira de extração de granitos da empresa Santa Rita Granitos Ltda.

A estufa foi construída com dimensões de 3 x 4 m, com filme plástico nas laterais e na cobertura. Para permitir melhor ventilação, foi colocada uma faixa de sombrite 50%, com 1m de espessura, acompanhando toda a lateral da estufa.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 32 dm³ para compor as unidades experimentais (UE). O volume dos vasos foi escolhido de modo a representar uma medida próxima do utilizado em uma cova para mudas de essências nativas, com espaço suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas até o prazo final do experimento (120 dias). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso onde foi realizado o plantio de uma muda da planta indicadora.

Os tratamentos consistiram de diferentes substratos, confeccionados à partir da combinação de uma camada de *topsoil*, onde variou-se sua espessura e composição, sobre o material estéril depositado no fundo do vaso. Em um dos tratamentos não foi utilizada a camada de *topsoil* como fonte de matéria orgânica, mas sim a incorporação de esterco de curral (Quadro 3).

Quadro 3 - Descrição dos tratamentos avaliados no experimento

Tratamento	Descrição
1 - TEST	Estéril sem <i>topsoil</i> e sem adubação
2 - TOP 5	Estéril + 5 cm de <i>topsoil</i>
3 - TOP 10	Estéril + 10 cm de <i>topsoil</i>
4 - TOP 20	Estéril + 20 cm de <i>topsoil</i>
5 - HB 10	Estéril + 10 cm de <i>topsoil</i> substituto
6 - EST	Estéril + 04 L de esterco de curral incorporado
7 - TOP 10 AR	Estéril + 10 cm de <i>topsoil</i> armazenado no ano anterior

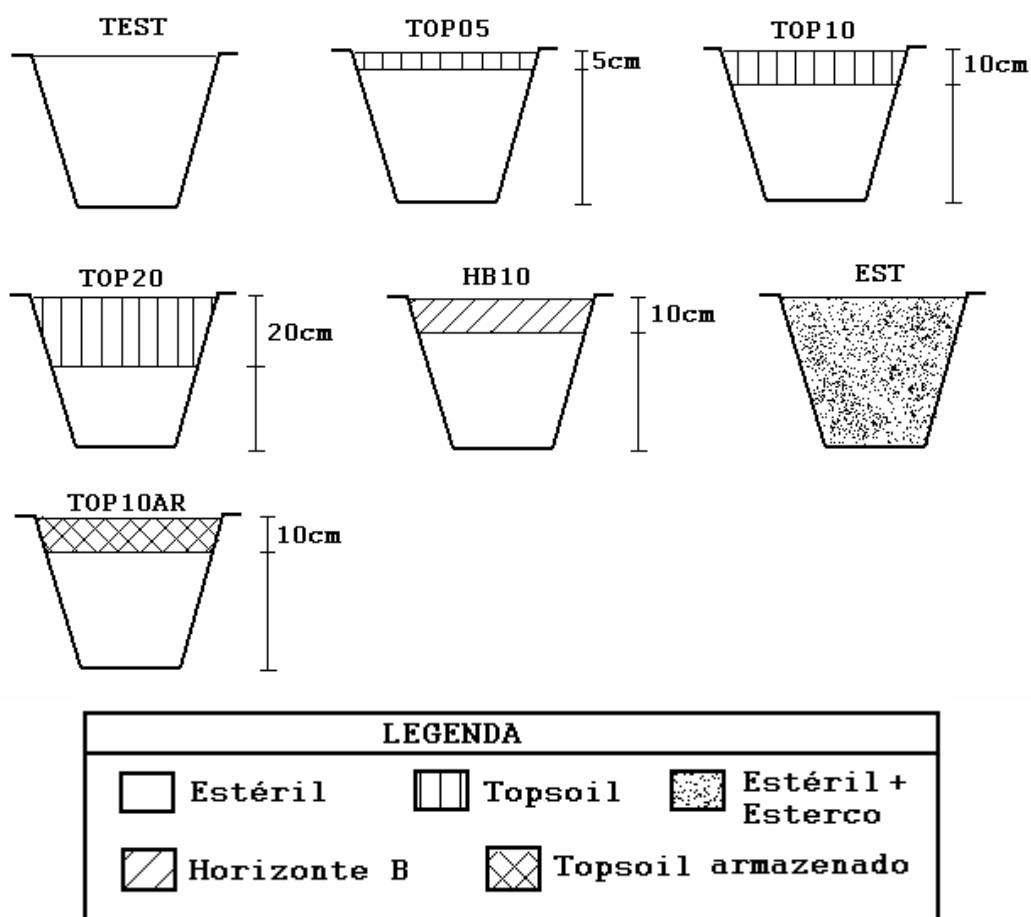


Figura 5 - Representação gráfica dos tratamentos avaliados no experimento.

Denominou-se “*topsoil* armazenado” (TOP 10AR), ao *topsoil* que se encontrava armazenado nas dependências da pedreira desde o ano anterior (Julho de 2003) conforme informação dos proprietários, diferentemente do topsoil presente nos tratamentos TOP 05, TOP 10 E TOP 20, cuja remoção do perfil foi executada no mesmo dia da montagem do experimento.

A retirada do *topsoil* foi executada através de raspagem do solo com pá carregadeira numa profundidade de aproximadamente 10 cm em locais para a abertura de novas frentes de lavra. No caso do TOP 10AR o armazenamento por 12 meses foi realizado via formação de pilhas de aproximadamente 5 m³ de material nos pátios de manobras. Ao redor da pilha foram confeccionadas valetas para escoamento das águas pluviais. Foi permitido o desenvolvimento espontâneo da vegetação sobre as pilhas de *topsoil* armazenado, com a finalidade de proteção do material contra as águas pluviais e para manutenção do teor de umidade das pilhas.

Foi utilizado esterco de curral curtido, obtido pela raspagem manual com enxada em currais das propriedades vizinhas sem piso de alvenaria.

Foram utilizadas quatro repetições de cada tratamento. Os vasos foram dispostos em dupla fileira ao longo das paredes da estufa, e as posições de cada tratamento foram definidas por sorteio, de modo a compor um delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Após o preenchimento dos vasos com o substrato, estes passaram por um período de duas semanas recebendo irrigação diária. Dessa forma, no momento do plantio, o substrato apresentava teor de umidade suficiente para que a abertura da coveta para o plantio da muda no interior do vaso não causasse prejuízo à disposição das camadas dos diferentes materiais que constituíam cada tratamento.

Em julho de 2004, foi realizado o plantio, em cada vaso, de uma muda de Boleira (*Joannesia princeps* Vell.). Trata-se de uma espécie florestal arbórea de ocorrência nativa na região, de rápido crescimento e resistente ao ataque de pragas (especialmente formigas) e doenças. LOPES (1998), avaliando a composição florística e estrutura fitossociológica de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, no Parque Estadual do Rio Doce, na região do Vale do Aço, ao leste de Minas Gerais (região circunvizinha à de condução do experimento), comprovou a dominância da família Euphorbiaceae e, mais especificamente, de *Joannesia princeps*, como uma das espécies de maior ocorrência. Pelo papel que desempenha na alimentação da fauna, esta espécie não deve faltar na composição de florestas destinadas ao repovoamento de áreas degradadas de preservação (LORENZI, 2002). Em se tratando de uma espécie pertencente ao grupo das secundárias tardias e climáceas, a opção por *J. princeps* deveu-se, também, ao fato desta apresentar crescimento menos agressivo e maior exigência em termos de nutrientes do solo, características que poderiam possibilitar um melhor contraste na resposta obtida aos tratamentos utilizados.

As mudas foram obtidas junto ao Viveiro Florestal da Prefeitura Municipal de Colatina (ES).

4.4.1. Análises do experimento

A avaliação dos tratamentos foi realizada pela análise do desenvolvimento da planta indicadora, bem como da vegetação que germinou espontaneamente nos vasos. Inicialmente foram utilizados os critérios altura da planta indicadora e biomassa seca da vegetação espontânea, posteriormente foram realizadas análises microbiológicas em amostras do substrato dos vasos, com o objetivo de detectar possíveis alterações na microbiota do material estéril.

4.4.1.1. Avaliação biométrica de *Joannesia princeps* Vell.

Após o plantio, as mudas tiveram sua altura inicial determinada a partir da distância do colo da planta até o ponto de inserção da gema apical. Posteriormente, estas tiveram seu crescimento monitorado, recebendo irrigação diária como o único trato cultural.

A primeira avaliação biométrica foi executada no dia do plantio, e as demais, aos 32, 49, 66, 76, 91 e 120 dias do plantio.

4.4.1.2. Matéria seca da vegetação espontânea

Noventa dias após o plantio, foi efetuada a colheita da parte aérea de toda a vegetação que germinou espontaneamente nos vasos, via corte rente ao solo. O material vegetal colhido foi lavado, passou por uma pré-secagem ao ar, foi triturado em moinho tipo Wiley e, em seguida, foi seco em estufa de ventilação forçada a 72 °C até a obtenção de uma massa constante. Em seguida foi determinado o peso da matéria seca de cada amostra através da pesagem em balança analítica. Este procedimento foi realizado no laboratório de solos florestais do Departamento de Solos/UFV.

4.4.1.3. Análises químicas e microbiológicas

Ao fim dos 120 dias do experimento, foram coletadas amostras do substrato, retiradas do fundo de cada vaso, para análises microbiológicas. Para

tanto, foi utilizado um trado confeccionado a partir de um tubo de PVC de 40 mm de diâmetro com um corte em bisel em uma das pontas. O tubo foi cravado na terra do vaso até o fundo, de modo a recolher uma amostra de aproximadamente 200 g da porção inferior do substrato de cada vaso. Estas amostras foram utilizadas para execução das análises de Carbono Orgânico Total (COT), por oxidação via úmida segundo o método de Walkley-Black e Carbono da Biomassa Microbiana (CBM), pelo método da irradiação-extração, conforme metodologias descritas por MENDONÇA & MATOS (2005). De posse dos resultados dessas análises, foi determinado, para cada amostra, o valor do quociente microbiano (q_{Mic}), correspondente à razão entre os dados obtidos nas análises de CBM e COT:

$$q_{Mic} = CBM / COT \times 100$$

Para cada amostra foi determinado, ainda, o teor de N total do solo através do método de titulação ácida após passagem por microdestilador Kjeldahl.

As análises microbiológicas foram executadas no Laboratório de Matéria Orgânica do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, localizado na Vila Gianetti.

A análise dos efeitos dos tratamentos foi realizada por meio de análise de variância e a comparação entre tratamentos por meio do Teste de Tuckey a 5% de probabilidade, conforme descrito por BANZATTO & KRONKA (1992).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os dados obtidos e os resultados das análises estatísticas, segundo modelo proposto por ALVAREZ V. & ALVAREZ (2006).

5.1. Análises da vegetação

No Quadro 4 são apresentados os valores médios obtidos para o acréscimo em altura (ΔH) nas mudas de *J. princeps* após 120 dias do plantio, bem como os valores de biomassa da matéria seca da parte aérea da vegetação que germinou espontaneamente nos vasos (MS). Para ambos os critérios, o tratamento EST, que recebeu a incorporação de esterco de curral, foi o que o possibilitou maior desenvolvimento das plantas.

Percebe-se que os tratamentos TEST e HB10, apresentaram acréscimo muito pequeno no crescimento das plantas, fato comprovado pelas análises estatísticas apresentadas a seguir. Para os demais tratamentos, nota-se um incremento no crescimento das plantas, sendo este mais acentuado no período situado entre 30 e 70 dias do plantio.

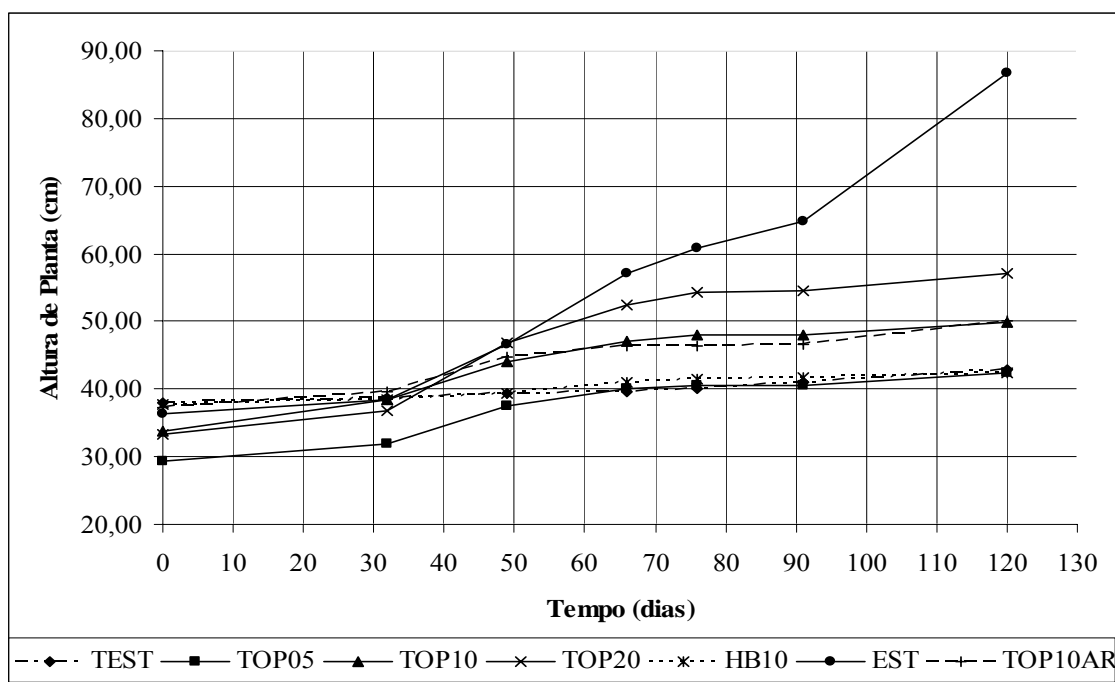


Figura 6 - Variação da altura de *J. princeps* em função do tempo para os diversos tratamentos.

Quadro 4 - Médias do acréscimo em altura da planta indicadora (ΔH) e da produção de matéria seca da parte aérea de plantas espontâneas (MS) após 120 dias do plantio

	ΔH ^{1/}	MS
	cm	g/vaso
TEST	4,78	7,72
EST	58,13	84,73
TOP 05	13,05	14,59
TOP 10	16,15	14,62
TOP 20	23,90	13,96
HB 10	4,65	1,02
TOP 10 AR	12,70	13,71

^{1/} $\Delta H = H_{120} - H_1$, referente ao incremento de altura de plantas tomado aos 120 dias após o plantio e no dia de plantio das mudas nos vasos.

A avaliação dos efeitos dos tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20 sobre o crescimento de *J. princeps* foi realizada por meio de análise de variância e a comparação entre tratamentos por meio de análise de regressão. O gráfico da regressão é apresentado na Figura 7. A análise de regressão dos dados destes quatro primeiros tratamentos, que consistiram em doses crescentes da camada de *topsoil* (0, 5, 10, 20 cm), indicou uma tendência de resposta linear do crescimento de *J. princeps* à adição de *topsoil*.

O acréscimo verificado no crescimento da espécie indicadora em resposta ao aumento da espessura da camada de *topsoil* foi também confirmado pela análise dos contrastes (Quadro 6).

A colheita da parte aérea de toda a vegetação que germinou espontaneamente nos vasos evidenciou a ocorrência de 22 espécies de herbáceas, provenientes de 14 famílias diferentes, com o predomínio de gramíneas. A identificação das espécies foi realizada conforme descrito por LORENZI (1994) e apresentada no Quadro 5. Não foram detectados indivíduos de espécies arbóreas. O predomínio de espécies herbáceas e arbustivas em relação às arbóreas já era esperado, à semelhança do demonstrado em trabalhos com serrapilheira de mata, conforme resultados obtidos por OZÓRIO (2000) e de SOUZA (2003).

Na avaliação da matéria seca da vegetação espontânea, nenhum modelo de regressão se ajustou, satisfatoriamente, à distribuição dos dados, sendo estes avaliados pela análise de variância dos contrastes (Quadro 6).

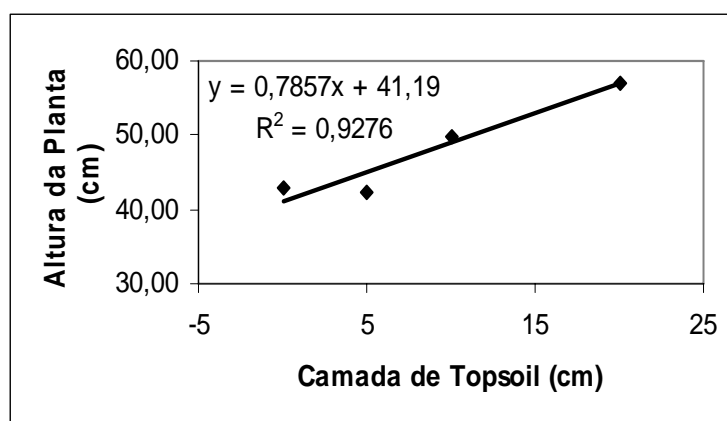


Figura 7 - Análise de regressão linear dos tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20 para o critério altura de *J. princeps*.

Quadro 5 - Espécies herbáceas germinadas espontaneamente nos vasos

Espécie	Família
Apaga-fogo (<i>Alternanthera tenella</i> Colla)	AMARANTHACEAE
Trapoeiraba (<i>Commelina benghalensis</i> L.)	COMELINACEAE
Picão-preto (<i>Bidens pilosa</i> L.)	COMPOSITAE
Flor-de-ouro (<i>Melampodium divaricatum</i> DC)	COMPOSITAE
Corde-de-viola (<i>Ipomoea grandifolia</i> L.)	CONVOLVULACEAE
Melão-de-são-caetano (<i>Momordica charantia</i> L.)	CUCURBITACEAE
Tiririca (<i>Cyperus rotundus</i> L.)	CYPERACEAE
Tiriricão (<i>Cyperus esculentus</i> L.)	CYPERACEAE
Erva-de-santa-luzia (<i>Chanaesicye hyssioufikua</i> (L) Small)	EUPHORBIACEAE
Capim-braquiária (<i>Brachiaria decumbens</i>)	GRAMINEAE
Capim-carrapicho (<i>Cenchrus echinatus</i> L.)	GRAMINEAE
Capim-colchão (<i>Digitaria horizontalis</i> Willd)	GRAMINEAE
Capim-amargoso (<i>Digitaria insularis</i> (L.) Mea ex Ekman)	GRAMINEAE
Capim-pé-de-galinha (<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.)	GRAMINEAE
Capim-barbicha-de-alemão (<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) Beauv.)	GRAMINEAE
Capim-colonião (<i>Panicum maximum</i> Jacq.)	GRAMINEAE
Cordão-de-frade (<i>Leonotis nepetaefolia</i> (L.) R. Br.)	LABIATAE
Fedegoso (<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby)	LEGUMINOSAE
Guanxuma (<i>Sida cordifolia</i> L.)	MALVACEAE
Capim-tapete (<i>Mollugo verticillata</i> L.)	MOLLUGINACEAE
Trevo (<i>Oxalis corniculata</i> L.)	OXALIDACEAE
Beldroega (<i>Portulaca oleraceae</i> L.)	PORTULACACEAE

Quadro 6 - Contrastes médios e suas significâncias para o acréscimo em altura da planta indicadora (ΔH) e da matéria seca da parte aérea da vegetação espontânea (MS) calculadas com totais de tratamentos

Contraste	Contrastes médios	
	ΔH	MS
	cm	g/vaso
C ₁ Test + Est vs Demais	-26,30*	-51,21*
C ₂ TOP 10 vs HB 10	-1,18*	-15,63*
C ₃ TOP 10 + HB 10 vs TOP 10 AR	2,30	5,89
C ₄ Est vs TOP 20	-34,23*	-70,77*
C ₅ TOP 05 vs TOP 10	3,10	0,02
C ₆ TOP 05 + TOP 10 vs TOP 20	9,30*	-0,65
C _{A 1} Test vs Demais	16,65*	16,05*
C _{A 2} TOP 10 vs TOP 10 AR	-3,45	-0,91
C.V. (%)	20,28	37,06

*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O maior desenvolvimento da planta indicadora com o aumento gradual da espessura da camada de *topsoil* parece estar relacionado ao maior volume de solo orgânico com maior riqueza em nutrientes disponíveis para exploração das raízes superficiais e não necessariamente à melhoria das características do estéril. Isto é relatado por GHOSE (2001), que afirma que muitas das propriedades do solo como a capacidade de retenção de água, o fornecimento de nutrientes e a profundidade das raízes das plantas, são diretamente afetadas pela espessura da camada do *topsoil*. Este resultado sugere que, no plantio de espécies arbóreas, o *topsoil* seja utilizado em maior quantidade, possibilitando maior área de exploração do material orgânico pelo sistema radicular das plantas. Uma boa alternativa seria a utilização do *topsoil* em covas, e não distribuído uniformemente na superfície do terreno. Dessa forma, quando da expansão do sistema radicular para fora da área da cova com *topsoil*, a muda já contaria com porte e vigor suficiente para continuar seu desenvolvimento. Ao mesmo tempo, o *topsoil* poderia ser incorporado ao material da cova, e não apenas disposto superficialmente, o que permitiria o aprofundamento do sistema radicular das mudas. Este procedimento foi utilizado em experimentos anteriores e com bons resultados (DIAS et al., 1999).

No caso dos resultados obtidos para biomassa da vegetação espontânea, foi demonstrado que o aumento da espessura do *topsoil* em profundidade no perfil do solo não significou aumento na germinação espontânea de plântulas. Este resultado sugere que as sementes e propágulos situados em profundidade possam ter sua germinação prejudicada. A este respeito, SKIRINDO & PEDERSEN (2004), estudando o potencial da camada de *topsoil* como fonte de propágulos na revegetação de margens de estradas com espécies nativas, detectaram que o número de sementes aumenta com o aumento do teor de matéria orgânica do *topsoil*, porém a proporção de sementes viáveis tende a ser maior quando a faixa de *topsoil* é menos espessa. Esta constatação pode estar relacionada ao conceito de dormência secundária ou induzida, comum em espécies gramíneas tropicais ou temperadas. A dormência secundária corresponde a aquela apresentada por sementes maduras quando mantidas durante algum tempo em condições que não permitam a germinação (LABORIAU, 1983). Dentre os fatores capazes de induzir a dormência em sementes maduras, podem ser destacados, a umidade, a temperatura, a luz (fotoblastismo positivo) ou a ausência de luz (fotoblastismo negativo).

Assim sendo, como alternativa para possibilitar uma colonização inicial do material estéril por espécies herbáceas em situações onde se dispõe de uma quantidade reduzida de *topsoil* disponível, maior rendimento do material poderia ser obtido com o espalhamento de uma camada mais fina em uma área maior, uma vez que uma maior área de exposição colocaria maior quantidade de sementes viáveis em nova situação de umidade, temperatura e, principalmente, luminosidade, favorecendo a quebra da dormência das sementes.

Apesar de alguns autores afirmarem que a maior profundidade da camada de *topsoil* implica em maior produtividade da comunidade de plantas, ao considerarmos um período de tempo maior, há registros de que a espessura da camada de *topsoil* utilizada na recuperação de uma área degradada não tenha tanta influência na cobertura vegetal que se estabelece no local à médio e longo prazos, conforme relatado por REDENTE et al. (1997) que não encontraram diferença na cobertura vegetal, decorridos dez anos da recuperação de áreas recobertas com camadas de *topsoil* com espessuras variando entre 15 e 60 cm.

O contraste entre os tratamentos TOP 10 e HB 10 evidenciou significativa diferença, tanto no crescimento de *J. princeps* como na colonização por espontâneas. Este resultado demonstra que, para o plantio de espécies arbóreas no material estéril, o material oriundo do horizonte B do solo não deve ser utilizado como *topsoil*. Sua utilização isoladamente não permite um desenvolvimento satisfatório das mudas e seu uso em mistura com material do horizonte A poderia causar perda de qualidade do substrato, uma vez que subsolos naturais (horizonte B) são frequentemente mais ácidos e argilosos que os *topsoils*, o que os fazem menos hospitaleiros para o crescimento das plantas (TOY & DANIELS, 1998).

Em condições naturais, o desenvolvimento da vegetação no horizonte B *in situ* é favorecido pela estruturação do solo que confere a esta região do perfil condições satisfatórias de aeração e retenção d'água, possibilitando o bom desenvolvimento de raízes. Em se tratando, porém, de materiais remanejados do perfil do solo, como é o caso dos estéreis da mineração, percebe-se que a retirada e o transporte do material com máquinas termina por prejudicar sua estrutura. Uma vez destituído de sua estrutura, o material torna-se altamente susceptível ao adensamento, principalmente quando submetido a um elevado teor de umidade. Durante o experimento, foi verificado a intensificação deste efeito, em função

das sucessivas irrigações, criando uma camada adensada à superfície dos vasos, nos tratamentos onde a camada de cobertura era composta por material oriundo do horizonte B do solo. Uma vez que não é capaz de possibilitar um crescimento satisfatório das mudas, a retirada do horizonte B para utilização em situações de escassez de topsoil, implicaria em um impacto desnecessário ao ambiente.

No contraste entre os tratamentos EST e TOP 20, foi detectada significativa diferença entre as médias obtidas para esses dois tratamentos, tendo o tratamento com esterco incorporado permitido melhor desenvolvimento tanto da planta indicadora como das espontâneas. Os benefícios físicos e químicos advindos da incorporação dos materiais orgânicos para o crescimento de espécies vegetais são bem documentados. Conforme demonstrado por MENDES FILHO (2004), trabalhando com a reabilitação de áreas degradadas pela mineração de cassiterita, a adição de composto orgânico é essencial para o estabelecimento das plantas e da microbiota do solo. LEOPOLDINO (2000), ao avaliar a produção de biomassa aérea seca de espécies herbáceas semeadas sobre malhas de taboa em área degradada, sete meses após plantio, obteve os melhores resultados nos tratamentos em que as sementes foram introduzidas misturadas a composto orgânico. A incorporação de matéria orgânica também foi essencial para o crescimento da produção de matéria seca da parte aérea das plantas utilizadas por COSME (2000), trabalhando com estéril da lavra e beneficiamento de ouro como substrato.

Considerando que o teor médio de N total no substrato do tratamento com esterco (EST) foi inferior ao encontrado nas amostras de tratamentos que utilizaram cobertura com *topsoil* (TOP 20), não é possível afirmar, isoladamente, que a incorporação de uma fonte nitrogenada é que tenha criado condições químicas para a germinação de sementes já localizadas no estéril. A elevada taxa de germinação de herbáceas parece relacionar-se, também, ao potencial intrínseco do esterco em atuar como banco de sementes e propágulos.

Além das propriedades do esterco como fonte de N, tudo indica que o bom resultado do tratamento com esterco tenha recebido influência do efeito da incorporação em profundidade, criando condições para um melhor desenvolvimento do sistema radicular. No manejo do *topsoil*, porém, há casos em que melhores resultados tem sido obtidos com a deposição apenas superficial deste, conforme relata LYNCH (2004), que trabalhando com áreas degradadas pela mineração de

bauxita em Porto Trombetas (PA), concluiu que as áreas mineradas e revegetadas que receberam *topsoil* apenas em superfície apresentam processo de recuperação mais rápido do que o das áreas mineradas onde o solo superficial foi incorporado antes do plantio de revegetação. Apesar disto, o potencial de utilização do *topsoil* incorporado ao estéril de granito surge como uma alternativa a ser melhor avaliada.

A utilização do esterco de curral apresenta-se como uma alternativa ao uso do *topsoil* nas situações onde este é escasso. Nestas situações, ao invés de optar pela retirada de *topsoil* em áreas de empréstimo ou pela aquisição deste material em áreas não perturbadas de propriedades vizinhas (prática bastante comum no Brasil), é preferível, ao minerador, promover a correção do estéril com fertilizantes e matéria orgânica, inclusive esterco, compostagem, casca de arroz ou bagaço de cana (BARTH, 1989).

Deve ser avaliada, porém, a disponibilidade do esterco na região. O custo com seu transporte pode onerar sua utilização, tornando-a mais dispendiosa que o custo de horas-máquina para a aplicação do material. O ideal é que este recurso esteja disponível na propriedade onde situa-se a frente de lavra ou nas propriedades vizinhas. Para a região de Aimorés-MG, local de condução do experimento, a incorporação de esterco pode ser uma alternativa viável, devido à abundância de currais e a importância local da pecuária leiteira. A existência de currais nas imediações das frentes de lavra traria, ainda, a vantagem de dispensar cuidados para a armazenagem de material, o que depende além de mão-de-obra, área disponível para a confecção dos depósitos. Deve-se ressaltar, porém, que esta prática não seria viável em qualquer região, uma vez que demandaria um grande volume de esterco. Uma alternativa seria a utilização do *topsoil* em mistura com o esterco, já que não há nenhum impedimento físico ou químico à utilização destes materiais em conjunto. Paralelamente a isto, sua utilização poderia ser realizada via incorporação ao solo e preferencialmente em covas, de modo a obter maior rendimento.

Uma vantagem do uso do *topsoil* em relação ao esterco, consiste no fato de que o *topsoil*, sendo removido da mesma área ou de área contígua àquela que pretende-se recuperar será sempre um depositário fiel da memória da vegetação local (DIAS, 2003), ao passo que o controle da origem do esterco é tarefa um pouco mais complexa, o que possibilita a entrada de espécies exóticas à área em questão.

Quanto à utilização do *topsoil* armazenado, embora certos autores afirmem que o *topsoil* possa sofrer drásticas alterações em sua qualidade já no primeiro ano de armazenamento (GHOSE, 2001), tal fato não foi comprovado pelo contraste entre os tratamentos TOP 10 e TOP 10 AR. Esta constatação confirma que o *topsoil* armazenado mantém seu potencial para a germinação de propágulos, mesmo considerando que uma boa parte do banco de sementes já tenha germinado durante o primeiro ano de armazenamento.

Este resultado confirma a recomendação de IBAMA (1990) de que o *topsoil* pode ser armazenado pelo período de até dois anos sem que haja perda de sua qualidade. Não obstante isto, a literatura traz relatos de casos em que seis meses de armazenamento já teriam sido suficientes para tornar o *topsoil* armazenado estéril, conforme apresentado por HANAN (1978), citado por HARRIS & RENGASAMY (2004). Este fato reforça a tese da grande variabilidade da vida útil do *topsoil* armazenado em função de condições ambientais, das condições de armazenamento e da composição do próprio material. Em função disto, o período de armazenamento deve ser definido para cada área em particular. Para o caso específico do presente trabalho o período de um ano mostrou-se um intervalo de tempo seguro para preservar a capacidade do *topsoil* em permitir o desenvolvimento das plantas.

5.2. Análises do estéril

Amostras do substrato estéril foram utilizadas para execução das análises de Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT) e Carbono da Biomassa Microbiana (CBM). Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Médias (\hat{y}) de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano (q_{Mic}) de amostras do substrato dos tratamentos após 120 dias do plantio

	Tratamento			Médias (\hat{y})			
	Top	Est	Esp	COT	NT	CBM	q_{Mic}
			cm	g/kg		$\mu\text{g/g}$	%
TEST	0	0	0	2,12	0,25	39,34	1,85
EST	0	1	0	3,55	0,46	128,16	3,61
TOP 05	1	0	5	2,80	0,20	93,73	3,35
TOP 10	1	0	10	3,23	0,50	69,14	2,14
TOP 20	1	0	20	8,52	1,35	212,65	2,50
HB 10	2	0	10	2,12	0,17	18,94	0,89
TOP 10 AR	3	0	10	2,49	0,35	92,11	3,70

A avaliação dos efeitos dos tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20 foi realizada por meio de análise de variância e a comparação entre tratamentos por meio de análise de regressão. A análise de regressão dos dados destes quatro tratamentos, demonstrou uma resposta linear para os teores de carbono orgânico total (Figura 8) e nitrogênio total (Figura 9), indicando uma tendência de aumento no teor de matéria orgânica do substrato estéril com o aumento da espessura da camada de *topsoil*. Este aumento na fração orgânica do substrato estéril ocorreu, provavelmente, em função da mistura de materiais em consequência das irrigações diárias e também em função do desenvolvimento de raízes da vegetação, e pode ser traduzido como um início, ainda que incipiente, do condicionamento químico do estéril, propiciado pelo contato com a camada de *topsoil* subjacente.

Não obstante à resposta linear dos teores de COT e NT aos tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20, a magnitude dos valores obtidos para estes índices confirmou o baixo teor de material orgânico no estéril. A exceção ficou por conta do tratamento TOP 20, onde o material estéril recebeu uma camada de recobrimento de *topsoil* com espessura de 20 cm. A média obtida nas amostras deste tratamento diferiu ($p < 0,05$) das médias dos demais tratamentos.

Possivelmente, o maior conteúdo de COT neste tratamento foi resultado da maior proximidade do ponto de coleta da amostra (fundo do vaso) com a camada de *topsoil*, influenciando a composição do estéril subjacente pela mistura de materiais via percolação de água.

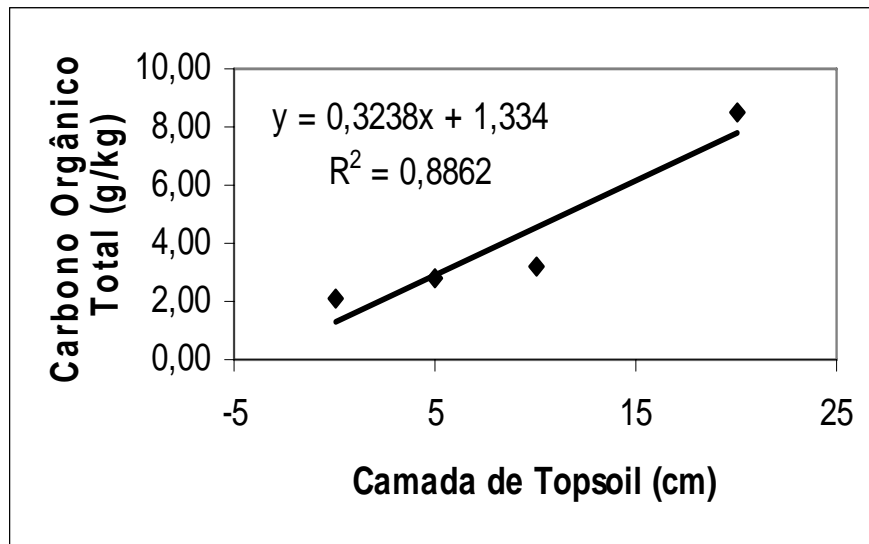


Figura 8 - Teores de COT no substrato em função da espessura da camada de *topsoil* utilizada.

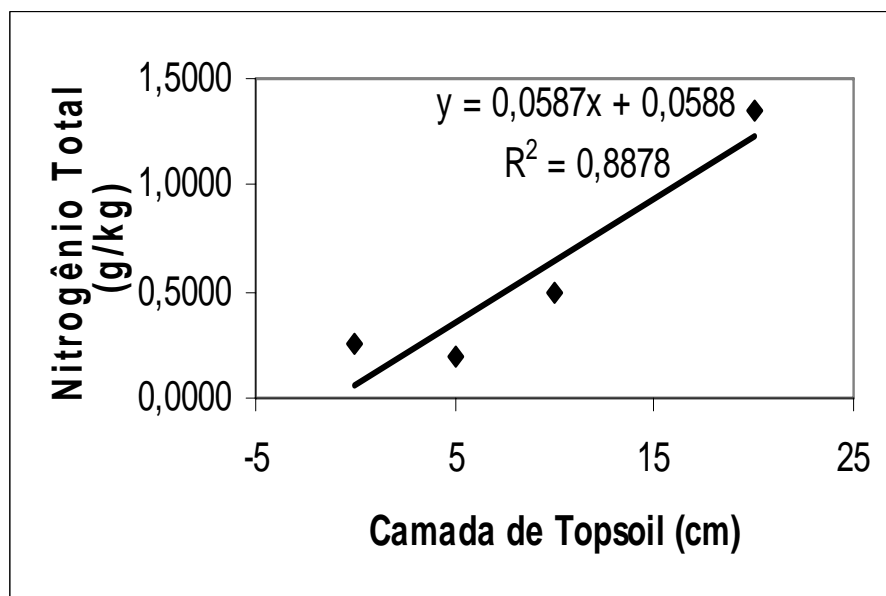


Figura 9 - Teores de N total no substrato em função da espessura da camada de *Topsoil* utilizada.

Os baixos valores de COT e N total ocorreram em função do substrato amostrado ter sua origem nas camadas inferiores do perfil do solo. Segundo WAIRIU & LAU (2003), além do teor de COT decrescer em profundidade no perfil do solo, a remoção da camada superficial do solo e a utilização agrícola deste, são outros fatores que podem causar decréscimos significativos no teor deste. No caso específico do *topsoil*, GHOSE (2001) apresenta, ainda, o tempo de armazenamento deste como fator de diminuição no teor de COT, podendo levar a decréscimos de quase 50% no período de um ano de armazenamento.

Para os demais tratamentos, a análise do COT não demonstrou variações significativas, nem mesmo para o *topsoil* substituto (HB 10) ou para o *topsoil* armazenado há um ano (TOP 10 AR). Este resultado é justificado pela forma como foi efetuada a amostragem, uma vez que esta foi realizada somente na camada de estéril, disposta no fundo dos vasos. Não obstante isto, haveria a possibilidade de que o intenso desenvolvimento do sistema radicular das plantas, possibilitasse alguma alteração nesta característica, o que não se confirmou pela análise.

A análise do nitrogênio total também não demonstrou diferenças em relação ao *topsoil* armazenado (TOP 10 AR), porém, foi capaz de detectar diferenças significativas em relação aos valores obtidos com o uso de *topsoil* substituto (HB 10). Este resultado corrobora com a afirmativa de TOY & DANIELS (1998), de que materiais geológicos recentemente expostos são, praticamente, destituídos de N disponível; e reforça a tese de que não devem ser utilizados como *topsoil* substituto.

Na avaliação de Carbono da Biomassa Microbiana nenhum modelo de regressão se ajustou, satisfatoriamente, à distribuição dos dados, sendo estes avaliados somente pela análise de variância dos contrastes (Quadro 8). Na análise dos contrastes, apenas o tratamento TOP 20 destacou-se nos teores de CBM, não havendo diferença significativa entre os demais para o nível de significância utilizado. A análise dos resultados obtidos sugere, portanto, que não ocorreu aumento significativo na atividade de microorganismos no material estéril, haja visto que as médias não diferiram da testemunha, à exceção do TOP 20 que pode ter sofrido influência da profundidade de coleta. Além disso, o coeficiente de variação obtido para estes dados apresentou-se por demais elevado (Quadro 8).

Quadro 8 - Contrastes médios e suas significâncias para carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e carbono da biomassa microbiana (CBM) de amostras do substrato dos tratamentos calculadas com totais de tratamentos

Contraste	Contrastes Médios		
	COT	NT	CBM
	----- g/kg -----		µg/g
C ₁ Test + Est vs Demais	1,24*	0,32*	19,45°
C ₂ TOP 10 vs HB 10	-0,69°	-0,33*	-50,21°
C ₃ TOP 10 + HB 10 vs TOP 10 AR	-0,18°	0,02°	48,07°
C ₄ Est vs TOP 20	4,97*	0,89*	84,49°
C ₅ TOP 05 vs TOP 10	0,42°	0,30*	-24,59°
C ₆ TOP 05 + TOP 10 vs TOP 20	5,50*	1,00*	131,21*
C _{A 1} Test vs Demais	1,67*	0,25*	63,11°
C _{A 2} TOP 10 vs TOP 10 AR	-0,74°	-0,15°	22,97°
C.V. (%)	23,55	25,41	72,76

A escolha pela determinação da biomassa microbiana através dos índices CBM e *q*MIC foi baseada na revisão de literatura, uma vez que, grande parte dos trabalhos para avaliação da qualidade do solo de áreas degradadas ou em recuperação utiliza-se destas análises em função de sua praticidade e confiabilidade. Em seu trabalho de desenvolvimento de um modelo para a determinação do índice de qualidade do solo para áreas de produção de eucalipto, CHAER (2001) tomou por base indicadores químicos, físicos e microbiológicos, sendo que estes últimos revelaram-se como os mais sensíveis para avaliar mudanças na qualidade do solo. Dentre as opções de indicadores microbiológicos, OLIVEIRA (2003) e RUIVO (1998), relatam que o carbono da biomassa microbiana apresenta-se como bom indicador do estágio de recuperação/degradação do solo. LYNCH (2004), trabalhando com áreas degradadas pela mineração de bauxita no Pará, concluiu que o carbono da biomassa microbiana, isoladamente, não se apresentou como bom indicador da qualidade do solo, porém, seu descarte é relativo, uma vez que sua utilização foi necessária para a composição dos quocientes metabólico e microbiano, os quais se mostraram importantes para a distinção dentre as áreas.

Uma hipótese plausível para o pequeno desenvolvimento de microorganismos no estéril seria o curto espaço de tempo de acompanhamento do experimento (120 dias). A opção pelos indicadores microbiológicos CBM e q_{Mic} para verificar alterações na qualidade do substrato estéril ocorreu, porém, também em função destes possibilitarem resposta mais rápida a alterações do ambiente, tendo em vista o curto espaço de tempo de condução do experimento. Trabalhos como o de SOUZA (1997), realizados com intervalos de tempo semelhantes geralmente trazem alguma evidência de alteração na microbiota. Este autor, que acompanhou durante cinco meses a revegetação de taludes com o uso de mantas geotêxteis, verificou, ao término do período de experimento, além do crescimento de raízes no substrato, a presença de micro e mesofauna. Em função disto seria esperado alguma alteração perceptível na população de microorganismos do estéril, fato não confirmado pela análise, em parte em função do curto período de acompanhamento do experimento e pela profundidade de coleta das amostras, mas também pelos teores de CBM muito baixos encontrados originalmente no substrato estéril.

Uma vez que a análise dos resultados de carbono da biomassa microbiana obtidos (Quadro 8) não demonstrou diferença entre os tratamentos, e também devido à pequena magnitude dos valores obtidos, tanto para CBM como para COT, a análise de variância dos valores de q_{Mic} não acusou significância, confirmando não haver diferença entre os efeitos dos tratamentos em relação à atividade de microorganismos. Este resultado indica que, apesar do acréscimo de matéria orgânica ao sistema, seja via adição de *topsoil* ou via incorporação de esterco ao substrato, este não ocorreu em quantidades e/ou durante um período de tempo suficiente para que já houvesse um desenvolvimento considerável das comunidades de microorganismos à certa profundidade no perfil. Dessa forma, é possível concluir que, apesar do visível desenvolvimento das plantas, tanto implantadas como espontâneas, ocorridos nos vasos, este crescimento inicial não se deu em função de melhorias nas características químicas e microbiológicas do substrato estéril, uma vez que estas ainda não sofreram alterações perceptíveis. A confirmação destas afirmações poderia ser realizada através de uma amostragem mais superficial ou pela condução do experimento por um período de tempo maior.

6. CONCLUSÕES

- ♦ A adição do *topsoil* como camada de recobrimento do material estéril possibilitou um melhor desenvolvimento de *Joannesia princeps* Vell. O efeito sobre o crescimento da planta indicadora mostrou-se significativo a partir da espessura de 10 cm da camada de *topsoil*.
- ♦ A espessura da camada de *topsoil* não teve influência na colonização espontânea de espécies herbáceas.
- ♦ A utilização de material oriundo do horizonte B do solo como camada de recobrimento, apresentou-se inadequada para o condicionamento do material estéril para o desenvolvimento de vegetação.
- ♦ armazenamento do *topsoil* pelo período de um ano não foi suficiente para causar diminuição significativa em seu potencial para permitir o desenvolvimento da vegetação.
- ♦ Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) encontrados nas amostras do material estéril, demonstraram uma tendência de resposta linear ao aumento da espessura da camada de *topsoil* para os tratamentos TEST, TOP 05, TOP 10 e TOP 20.

- ◆ Os indicadores Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e quociente microbiano (q_{Mic}) não foram capazes de detectar alterações na microbiota do substrato. Trata-se porém de uma constatação relativa, uma vez que o teor muito baixo de matéria orgânica originalmente presente no estéril, associado ao curto intervalo de tempo do experimento e à profundidade de coleta das amostras, que poderia ter sido menor; não permite concluir que tais indicadores tenham sido ineficazes.
- ◆ O emprego de esterco de curral incorporado ao estéril como fonte de matéria orgânica possibilita a obtenção de valores mais elevados, tanto para altura de *J. princeps* como para a massa da vegetação espontânea. Dessa forma, a incorporação de fonte orgânica nitrogenada apresentou-se como uma alternativa para o desenvolvimento inicial da vegetação em relação à utilização da camada de *topsoil*. O uso do esterco, porém, está condicionado à disponibilidade deste na região e à possibilidade de transporte pela empresa mineradora, uma vez que o custo com sua remoção e transporte pode onerar sua utilização, tornando-a mais dispendiosa que o custo de horas-máquina para o manuseio do *topsoil*.

7. RECOMENDAÇÕES

- ◆ Para o plantio de espécies arbóreas, recomenda-se a aplicação da camada superficial do solo em covas, podendo, para otimização de seu uso, misturá-la ao esterco de curral bem curtido, desde que este seja de fácil obtenção na região e que haja facilidade em transportá-lo ao local do plantio.
- ◆ Para estimular o desenvolvimento da vegetação herbácea espontânea sobre os depósitos de estéril, a camada de *topsoil* pode ser espalhada sobre a área a ser revegetada, misturada ou não ao esterco de curral. Sugere-se priorizar a cobertura homogênea de toda a área do depósito, mesmo que não seja possível obter grande espessura da camada de *topsoil* em função de limitações na disponibilidade do material.
- ◆ Sugere-se a avaliação do potencial de outros materiais alternativos a serem utilizados, em mistura com *topsoil* ou não, para o condicionamento do estéril do granito especificamente. Uma vez que este estéril não apresenta maiores complicações de ordem química ou física, uma vasta gama de materiais poderiam ser testados, de acordo com a disponibilidade na região (palha de café, palha de arroz, bagaço de cana, cinzas, lama, etc...), sempre visando otimizar o uso do *topsoil*.

- ♦ Recomenda-se a avaliação do efeito da incorporação em profundidade do *topsoil* nos depósitos de estéril. Adicionalmente, sugere-se que a avaliação microbiológica seja realizada a profundidades menores (5 ou 10 cm) e após um maior intervalo de condução do experimento (180, 360, 720 dias, etc.).
- ♦ Recomenda-se, ainda, a análise de tratamentos com outras fontes nitrogenadas (orgânicas ou químicas), bem como a utilização de tratamentos com bactérias fixadoras de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, M. & AUSDEN, M. Successful use of Topsoil Removal and Soil Amelioration to create heathland vegetation. *Biological Conservation*. v.120, n.2. p.21-228, 2004.

ALMEIDA, R.O.P.O. & SÁNCHEZ, L.E. Revegetação de áreas de mineração: Critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. *Revista Árvore*, v.29, n.1. p.47-54, 2005.

ALVARENGA, M.L.N.; SILVEIRA, D.A.; PASSOS, R.R. & BAHIA, V.C. Manejo visando a conservação e recuperação de solos altamente susceptíveis à erosão sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. *Informe Agropecuário*, v.19, n.191. p.49-58, 1998.

ALVAREZ V., V.H. & ALVAREZ, G.A.M. Comparação de médias ou teste de hipóteses? *Contrastes! Boletim Informativo, SBCS*, v.31, n.1. p.24-34, 2006.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo, SBCS*, v.25, n.1. p.27-32, 2000.

BANZATTO, D.A. & KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.

BARTH, R.C. Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. *Boletim Técnico, SIF*, 1989. 91p.

BETTENCOURT, J.S. & MORESCHI, J.B. Recursos minerais. In: TEIXEIRA, W. et al. (orgs.). Decifrando a terra. São Paulo: Oficina de textos, 2000. p.445-470.

BRAVO, R.M.P.; BRAVO, D.P.M. & SOUZA, M.P.G. Distribuição litológica no Estado do Espírito Santo e seu aproveitamento ornamental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., 2005. Guarapari. Anais. Guarapari, Centro Tecnológico do Mármore e do Granito, 2005.

CAMPELO, I.S.G. Diversidade bacteriana em solos do Vale do Rio Doce sob diferentes usos da terra e manejos do eucalipto. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 96p. (Dissertação de Mestrado)

CERQUEIRA, A. Licenciamento ambiental passo-a-passo. Revista Pedras do Brasil, Vitória, Jul. 2004. p.58-59.

CHAER, G.M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 89p. (Dissertação de Mestrado)

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

COSME, J.R. Estudo do estéril e rejeito da lavra e beneficiamento do ouro, visando a recuperação de áreas degradadas na mineração, em Teofilândia (BA). Salvador, Universidade Federal da Bahia, 2000. 85p. (Dissertação de Mestrado)

CUSATIS, A.C. Diagnóstico de taludes rodoviários revegetados naturalmente na região de Viçosa, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 74p. (Dissertação de Mestrado)

DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo (metodologia). 2.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa,, 1997. 26 p. (Boletim de Extensão, 29)

DEMUNER, L. Estudo de controle e recuperação ambiental de uma mineração de granito: Mineração Gimirim, Aimorés-MG. Vitória, Universidade Federal do Espírito Santo, 2003. (Trabalho de Especialização)

DIAS, L.E. Caracterização de área degradada. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. p.11-33. (Notas de Aula)

DIAS, L.E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V., eds. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1998. p.27-41.

DIAS, L.E. Recuperação de áreas degradadas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS, 3., 2003. Viçosa, Anais. Universidade Federal de Viçosa, 2003. p.225-268.

DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; RIBEIRO Jr., E.S. & MELLO, J.W.V. Initial growth of leguminous trees in a cut gold mined area in Minas Gerais State, Brazil. Annual Meeting of American Society of Surface Mining Reclamation, 1999. Scottsdale, Arizona. Proceedings of Mining Reclamation for the Next Millennium, v.1, n.1. p.316-321, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, Embrapa, 1978. 461p. (Boletim Técnico, 45)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Brasília, Embrapa, 1999. 370p.

FIGUEIREDO, B.R. Minérios e Ambiente. Campinas, Unicamp, 2000. 401p.

FROUZ, J. & NOVAKOVA, A. Development of soil microbial properties in Topsoil Layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development. Geoderma, 2004. 11p.

GHOSE, M.K. Management of Topsoil for geo-environmental reclamation of coal mining areas. Environmental Geology, n.40. p.1405-1410, 2001.

GRIFFITH, J.J. O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil. [on-line]. Available: <http://geologiaambientalufc.hpg.ig.com.br> [2005, mai, 10]

GRIFFITH, J.J. Recuperação conservacionista de superfícies mineradas – Uma revisão de literatura. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1980. 51p. (Boletim Técnico, 2)

GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E. & JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. [on-line]. Available: <http://geologiaambientalufc.hpg.ig.com.br> [2005, abr, 20]

HARRIS, M.A. & RENGASAMY, P. Treatment of a potential soil capping for open-cut mines (Part 1) – Influence of prior management on responses to a phyto-organic amendment. Environmental Geology, n.46. p.15-21, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação. Brasília, IBAMA, 1990. 96p.

LABORIAU, L.G. A Germinação das Sementes. Washington, D.C.:OEA, 1983. 174p.

LEOPOLDINO, F.S. Aplicação de composto orgânico sobre malhas de taboa (*Typha* sp.) na Recuperação de uma área degradada no Sul da Bahia. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2000. 42p. (Dissertação de Mestrado)

LOPES, W.P. Florística e fitossociologia de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 1998. 72p. (Dissertação de Mestrado)

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa, Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: Plantio direto e convencional. 4.ed. Nova Odessa, Plantarum, 1994. 299p.

LOURENÇO, J.S. Regeneração natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 1991. 151p. (Dissertação de Mestrado)

LYNCH, L.S. Indicadores de recuperação de áreas degradadas pela exploração de bauxita em Porto Trombetas – PA. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2004. 60p. (Dissertação de Mestrado)

MARQUES, E.T. Identificação de áreas potenciais para a disposição de rejeitos de mármore e granito em Cachoeiro de Itapemirim - ES através de análise multi-critério. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2001. 117p. (Dissertação de Mestrado)

MENDES FILHO, P.F. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada através da revegetação e do manejo microbiano. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004. 89p. (Tese de Doutorado)

MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. eds. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

NASCIMENTO, A.R. Recuperação ambiental de áreas mineradas no Brasil – Ocorrência de planejamento a longo prazo. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2001. 81p. (Dissertação de Mestrado)

OLIVEIRA, D.M.F. Estudo da viabilidade de utilização de indicadores de recuperação de áreas degradadas por mineração de bauxita. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2003. 75p. (Tese de Doutorado)OZÓRIO, T.F. Potencial de uso da serapilheira na recuperação de áreas degradadas por mineração de ferro, Mariana - MG. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2000. 54p. (Dissertação de Mestrado)

PFALTZGRAFF, P.A.S. & MENDES, V.A. Impacto ambiental na lavra de rochas ornamentais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., 2005, Guarapari. Anais. Guarapari, Centro Tecnológico do Mármore e do Granito, 2005.

PINHEIRO, J.R. Aspectos técnicos da indústria extrativa do setor de rochas ornamentais no Brasil. Revista Rochas de Qualidade, São Paulo, n.166, p.60-74, 2002.

RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia / Projeto RadamBrasil. Folhas SF 23/24. v.32. 1983. 780p.

RODRIGUES, G. Caminho das pedras. Revista Tópicos, Vitória, n.23, p.14-18, 2003.

RUIVO, M.L.P. Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 1998. 101p. (Tese de Doutorado)

SANTOS, A.R.S. A importância da camada superficial de solos para a sociedade brasileira. [on-line]. Available: <http://ecoterrabrasil.com.br> [2005, mai, 10]

SANTOS, C.A.P. Qualidade dos solos sob eucalipto fertirrigado no Vale do Rio Doce – MG. Viçosa, Univerdade Federal de Viçosa, 2004. 60p. (Dissertação de Mestrado)

SANTOS, L.P. Efeito de doses de nitrato de potássio e esterco de curral na composição do substrato para formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, Univerdade Federal de Lavras, 1993. 60p. (Dissertação de Mestrado)

SANTOS, M. Avaliação da recomposição da cobertura vegetal de dunas em recuperação e sua interrelação com as propriedades físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas do solo. Lavras, Univerdade Federal de Lavras, 1996. 81p. (Dissertação de Mestrado)

SARCINELLI, J.A. Espírito santo é líder em rochas no País. A Gazeta. Vitória, 22, p.2. maio, 2005. (Economia do Espírito Santo – Rochas Ornamentais)

SINDIROCHAS INFORMATIVO. Cachoeiro de Itapemirim: Sindicato da indústria de rochas ornamentais, cal e calcários do Estado do Espírito Santo. n.1. Fev. 2004.

SINDIROCHAS INFORMATIVO. Cachoeiro de Itapemirim: Sindicato da indústria de rochas ornamentais, cal e calcários do Estado do Espírito Santo. n.4. Mai. 2004.

SKRINDO, A.B. & PEDERSEN, P.A. Natural revegetation of indigenous roadside vegetation by propagules from Topsoil. *Urban Forestry & Urban Greening.*, v.3, n.1. p.29-37, 2004.

SOUZA, J.A. Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1996. 97p. (Tese de Doutorado)

SOUZA, M.G. Revegetação de taludes com geotêxtil em área minerada. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 47p. (Dissertação de Mestrado)

SOUZA, P.A. Comportamento de 12 espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 92p. (Dissertação de Mestrado)

SOUZA, P.A. Efeito da sazonalidade da serapilheira sobre o banco de sementes visando seu uso na recuperação de áreas degradadas. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 130p. (Tese de Doutorado)

SPARLING, G. et al. Recovery of Topsoil characteristics after landslip erosion in Dry Hill Country of New Zeland, and a test of the space-for-time hypothesis. *Soil Biology and Biochemistry*, v.35, n.12. p.1575-1586, 2003.

TARDIN, N. & VENTURI, R. Uso da água do Rio Doce será cobrada em 2005. *A Gazeta* [impresso]. Vitória (mar., 28). p.26, 2004.

TOY, T.J. & DANIELS, W.L. Reclamation of disturbed lands. In: MEYERS, L.A., ed. *Encyclopedia of enviromental analysis and remediation*. New York, John Willey & Sons, 1998. p.4078-4101.

VASCONCELOS, F.C.W. Desenvolvimento de tecnologia para a recomposição vegetal, com espécies nativas, nas pilhas de rejeito/estéril, geradas pela mineração de pedra São Tomé, no Município de São Tomé das Letras, Minas Gerais. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 300p. (Dissertação de Mestrado)

VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de blocos de tamanhos despadronizados através de talha-blocos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., 2005, Guarapari. Anais. Guarapari, Centro Tecnológico do Mármore e do Granito, 2005.

VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais e de revestimento. *Revista Pedras do Brasil*. Vitória, 2003. p.36-45.

VIDAL, M. Revegetação de área degradada pela mineração de caulim na Zona da Mata em Minas Gerais – Um estudo de caso. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 66p. (Dissertação de Mestrado)

VOGEL, W.G. The effect of herbaceous vegetation on survival and growth of trees planted on coal-mine spoils. In: RESEARCH AND APPLIED TECHNOLOGY SYMPOSIUM ON MINED-LAND RECLAMATION, 1° Pittsburg, Pennsylvania, 1973. Proceedings. Monroesville, Pennsylvania, National Coal Association / Bituminous Coal Research, 1973. p.197-207.

WAIRIU, M. & LAL, R. Soil organic carbon in relation to cultivation and Topsoil – Removal on sloping lands of kolombangara, Solomon Islands. Soil and Tillage Research, v.70, n.1. p.19-27, 2003.