

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA
E MUCURI – UFVJM**

LUISE ANDRADE AMARAL

ESTRATÉGIA DE UTILIZAÇÃO DE TOPSOIL NA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL

**DIAMANTINA, MG
2013**

LUISE ANDRADE AMARAL

**ESTRATÉGIA DE UTILIZAÇÃO DE TOPSOIL NA RESTAURAÇÃO
AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de Mestrado, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

**DIAMANTINA, MG
2013**

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Viviane Pedrosa
CRB6-2641

A485e Amaral, Luise Andrade
2013 Estratégia de utilização de *topsoil* na restauração ambiental. – Diamantina:
UFVJM, 2013.
93p.

Orientador: Prof. Dr. Israel Marinho Pereira
Coorientadora: Profª. Dra. Miranda Titon

Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências
Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Camada superficial 2. Mineração 3. Regeneração natural I. Título.

CDD 634.9

Elaborada com dados fornecidos pelo (a) autor(a)

ESTRATÉGIA DA UTILIZAÇÃO DE TOPSOIL NA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL

Luise Andrade Amaral

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 27/ 02 / 2013

Prof. Luiz Eduardo Dias – UFV

Prof. Evandro Luiz Mendonça Machado – UFVJM

Prof. Marcelo Luiz Laia – UFVJM

Prof. Enilson de Barros Silva – UFVJM

Prof. Israel Marinho Pereira – UFVJM
Presidente

DIAMANTINA
2013

*Ao meu exemplo de mulher, Maria de Lourdes,
que me transmitiu valores e princípios
essenciais à vida.*
Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus que sempre esteve ao meu lado me protegendo, me guiando, me dando força e ânimo para superar os desafios e seguir sempre em frente.

À minha mãe e ao meu irmão por toda paciência, compreensão, conselhos e apoio. E a todos os meus familiares que torceram pela minha vitória.

Aos professores da pós graduação da UFVJM que me acolheram e me transmitiram diversos pra vida acadêmica e pessoal.

Ao meu orientador Israel Marinho Pereira pela confiança e amizade.

Aos membros da banca examinadora que aceitaram o convite e contribuíram com sugestões.

À equipe de meio ambiente da empresa Anglo American e Nova Luz de Conceição do Mato Dentro que me deram atenção e apoio necessários para montagem e acompanhamento dos experimentos. Em especial a Raul, Rafael e Rogério.

Aos técnicos de laboratório da UFVJM: Awdréia, Múcio, Rafael, Breno, Thiago, Xavier e Lindomar e ao servidor do viveiro Fábio.

Aos membros do Núcleo de Recuperação de Áreas Degradadas, Rodrigo, Luiz Gustavo, Paula, Tâmara, Luana e Luciana que me ajudaram nas coletas de dados.

Meus velhos amigos de Sergipe que sempre me mandaram boas energias e aos novos amigos que fiz em Diamantina em especial ao grupo da primeira e segunda turma do mestrado e as meninas da velha e nova geração da República Dominicana.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2
CAPÍTULO 1	4
REVISÃO DE LITERATURA	
1 - Formações florestais predominantes em Minas Gerais	4
2 - Processo de degradação	5
2.1 - Impactos relacionados à mineração	6
3 - Recuperação de áreas degradadas	7
3.1 - Recuperação de áreas mineradas	8
3.2 - Solo superficial: contextualização	10
3.2.1 - O uso do <i>topsoil</i> na recuperação de áreas degradadas	10
3.2.2 - Caracterização e importância do <i>topsoil</i>	12
3.2.3 - O armazenamento do <i>topsoil</i>	13
3.2.4 - A espessura de uso do <i>topsoil</i>	14
4 - Formação do solo	15
4.1 - Indicadores de qualidade do solo	16
4.1.1 - Indicadores físicos	17
4.1.2 - Indicadores químicos	17
4.1.3 - Indicadores microbiológicos	18
4.1.4 - Banco de sementes	18
5 - Utopia ou realidade?	19
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 2	
UTILIZAÇÃO DE <i>TOPSOIL</i> DE CANGA FERRUGINOSA NA COBERTURA DO SOLO DE UMA PILHA DE ESTÉRIL	
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 - INTRODUÇÃO	32
2 - MATERIAIS E MÉTODOS	33
2.1 - Caracterização da área.....	33
2.2 - Caracterização das variáveis edáficas.....	34
2.3 - Análise da cobertura do solo e da vegetação	35
2.3.1 - Cobertura do solo	35
2.3.2 - Florística e fitossociologia da comunidade regenerante	36
2.4 - Relações da vegetação com o substrato.....	37
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	38

3.1 - Caracterização do substrato	38
3.2 - Cobertura do solo	39
3.3 - Composição florística e estrutura fitossociológica	40
3.4 - Correlações entre espécies e variáveis ambientais	45
4 - CONCLUSÕES	47
5- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

CAPÍTULO 3

ABORDAGENS PARA O USO DE *TOPSOIL* NA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL EM UMA ÁREA DE PASTAGEM DEGRADADA

RESUMO	54
ABSTRACT	55
1 – INTRODUÇÃO	56
2 - MATERIAIS E MÉTODOS	57
2.1 - Caracterização da área de estudo	57
2.2 - Implantação do experimento	58
2.3 - Caracterização física e química do <i>topsoil</i>	61
2.4 - Caracterização microbiológica do <i>topsoil</i>	63
2.5 - Determinação de microorganismos por meio de análise de DNA	64
2.5.1 - Pré-tratamento das amostras	65
2.5.2 - Extração do DNA	65
2.5.3 - Purificação do DNA	65
2.5.4 - Amplificação do DNA por PCR	66
2.6 - Avaliação da cobertura do solo e da vegetação regenerante	67
2.6.1 - Cobertura do solo	67
2.6.2 - Composição florística e estrutura fitossociológica da comunidade arbórea	67
2.6.3- Riqueza de espécies e abundância de indivíduos arbóreos	68
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
3.1 - Análise física do <i>topsoil</i>	68
3.2 - Análise microbiológica do <i>topsoil</i>	71
3.3 - Determinação de microorganismos por meio de análise de DNA	72
3.4 - Análise da cobertura do solo	74
3.5.1 - Florística e fitossociologia da espécies arbóreas	79
3.5.2 - Riqueza de espécies e abundância de indivíduos arbóreos	85
4 - CONCLUSÕES	87
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
7 - ANEXOS	92

RESUMO

AMARAL, Luise Andrade. **Estratégia da utilização de *topsoil* na restauração ambiental.** Diamantina: UFVJM, 2013. 93p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).

O objetivo deste trabalho foi avaliar dois tipos de *topsoil*, assim como maneiras de utilização dos mesmos, ou como fonte de propágulos, nutrientes, microorganismos, matéria orgânica etc., na recuperação de diferentes áreas degradadas. Os experimentos foram desenvolvidos em áreas pertencentes à empresa de mineração de ferro *Anglo American*, sediada no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, no entanto, como a empresa ainda está em fase de instalação, as áreas cedidas não são degradadas pelo processo de extração do minério, sendo uma em pilha de estéril e a outra em pastagem degradada. O trabalho foi organizado em capítulos, em que o primeiro apresenta uma revisão bibliográfica sobre todos os temas envolvidos no estudo. O segundo capítulo apresenta a avaliação da regeneração natural e da cobertura do solo de uma pilha de estéril no período seco e chuvoso a partir da deposição a lanço de *topsoil* proveniente de campo rupestre ferruginoso no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais. E o terceiro capítulo apresenta abordagens para o uso de *topsoil* na recuperação de uma pastagem degradada. Na área do capítulo 2, foram instaladas, sistematicamente, 26 parcelas e uma parcela controle de 1 m², foram caracterizados os atributos físicos e químicos dos substratos com e sem *topsoil*. Para identificação florística, foram realizados dois inventários, um em julho de 2012 (início da estação seca) e o outro em novembro de 2012 (início da estação chuvosa). A cobertura do solo foi estimada, visualmente, por meio da porcentagem de cobertura viva, serrapilheira e solo exposto. Foram registrados 675 indivíduos, sendo 201 contabilizados na primeira amostragem e 474 na segunda, totalizando 24 espécies identificadas pertencentes a 11 famílias e X indeterminadas. As famílias com maior número de espécies foram: *Asteraceae*, com 26,92%, e *Melastomataceae*, com 15,38%. No entanto, as famílias que apresentaram maior o número de indivíduos foram *Poaceae* (33,33%) e *Verbenaceae* (28,85%) na estação seca e *Poaceae* (93,03%), *Portulacaceae* (68,16%) e *Verbenaceae* (35,82%) na estação chuvosa. Dentre os hábitos encontrados, as herbáceas se destacaram com 65,63% do total, seguidas pelas arbustivas 6,22%, subarbustivas 5,48% e arbóreas 1,18%. A cobertura viva aumentou 53%, a serrapilheira e o solo exposto diminuíram 13 e 11%, respectivamente. Já no capítulo 3, foram estabelecidos 14 tratamentos com três repetições implantados em 42 parcelas de 5 x 5 m numa área, anteriormente, ocupada por pastagem. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (3 x 2 x 2) + 2. Os tratamentos foram compostos pela combinação das origens do *topsoil* (estágio inicial e estágio médio), três espessuras (10, 20 e 30 cm) e ausência ou presença de sombrite de 70% com duas testemunhas adicionais (T1 e T2). Foi realizada a caracterização física, química e microbiológica do *topsoil* por meio de amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm. Determinaram-se microorganismos por meio de análise de DNA, cobertura do solo e a florística. Os resultados mostraram que o uso do *topsoil* melhorou, consideravelmente, a atividade microbiana através do carbono da biomassa e da amplificação de DNAs para grupos de bactérias e fungos. A cobertura vegetal desenvolvida sobre os dois tipos de *topsoil* apresentou um total de 2929 indivíduos de hábitos herbáceo, arbustivos e subarbustivos, identificadas 33 espécies em 11 famílias e uma morfoespécie. A família *Asteraceae* foi a que apresentou o maior número de espécies (9), seguida de *Fabaceae* (6), *Convolvulaceae* e *Malvaceae* (4) e *Solanaceae* (3). Já o levantamento florístico do estrato arbóreo registrou 235 indivíduos pertencentes a 21 espécies e 14 famílias e duas espécies sem identificação. A família com maior riqueza de espécies foi a *Fabaceae* (4), seguida da *Rutaceae*, *Solanaceae*, *Myrtaceae* e *Asteraceae*, no entanto, o maior número de indivíduos foi a *Siparunaceae*.

ABSTRACT

AMARAL, Luise Andrade. **Strategy of using topsoil in environmental restoration.** Diamantina: UFVJM, 2013. 93p. (Thesis - Master of Forest Science).

The aim of this study was to evaluate two types of topsoil, as well as ways to use them as a source of propagules, nutrients, microorganisms, organic matter etc., The recovery of degraded areas different. The experiments were conducted in areas belonging to the mining company Anglo American iron headquartered in the municipality of Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, however, as the company is still in the installation phase, the assigned areas are not degraded by the process of extraction of ore, one in waste dump and the other in degraded pasture. The work was organized in chapters where the first presents a literature review on all subjects involved in the study. The second chapter presents the evaluation of natural regeneration and soil cover of a waste dump in the dry and wet deposition from the haul topsoil from ferruginous rocky fields in the municipality of Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais. The third chapter presents approaches to the use of topsoil in the recovery of a degraded pasture. In the area of Chapter 2 were systematically installed 26 plots and a control plot 1 square meter, we characterized the physical and chemical properties of the substrates with and without topsoil. For floristic identification were two surveys one in July 2012 (early dry season) and the other in November 2012 (rainy season). The ground cover was visually estimated by the percentage of live coverage, litter and exposed soil. We recorded 675 individuals being recorded in sample 201 and 474 in the second sample, a total of 24 identified species belonging to 11 families and a group of indeterminate. The families with the largest number of species were Asteraceae and Melastomataceae with 26.92% to 15.38%. However, households that had higher number of individuals were Poaceae (33.33%) and Verbenaceae (28.85%) in the dry season and Poaceae (93.03%), Portulaca (68.16%) and Verbenaceae (35.82%) in the rainy season. Among the habits found the herbaceous stood out with 65.63% of the total followed by shrub 6.22%, 5.48% and woody subshrubs 1.18%. The live coverage increased by 53%, the litter and exposed soil decreased by 13 and 11%, respectively. Already in chapter 3 were established 14 treatments with three replications implanted in 42 plots of 5 x 5 m in an area previously occupied by grasslands. The experiment was conducted in randomized block design (RBD), factorial (3 x 2 x 2) + 2. The treatments consisted of combinations of sources of topsoil (early stage and middle stage), three thicknesses (10, 20 and 30 cm) and presence or absence of shading 70% with two additional witnesses (T1 and T2). We performed the physical, chemical and microbiological through the topsoil samples collected at a depth of 0-10 cm. Microorganisms was determined through DNA analysis, ground cover, and flora The results showed that the use of topsoil considerably improved microbial activity through carbon and biomass DNA amplification for groups of bacteria and fungi. The vegetation developed on the two types of topsoil had a total of 2929 individuals habits herbaceous, shrubby and subarbutivos, 33 species in 11 families and one morphospecies. The family Asteraceae was the one with the highest number of species (9), followed by Fabaceae (6), Convolvulaceae and Malvaceae (4) and Solanaceae (3). Already a floristic inventory of the tree stratum recorded 235 individuals belonging to 21 species and 14 families and two unidentified species. The family with the highest species richness was the Fabaceae (4), followed by Rutaceae, Solanaceae, Myrtaceae and Asteraceae, however, the largest number of individuals was Siparunaceae.

INTRODUÇÃO GERAL

A natureza é composta por sistemas complexos que estão integrados aos fatores ambientais climáticos, edáficos e bióticos (MOREIRA, 2004). Neste contexto, o solo é um compartimento relevante que pode ser entendido como um sistema heterogêneo, descontínuo e estruturado, formado por micro-habitats discretos com diferentes características químicas, físicas e comunidades biológicas, ou seja, um complexo de seres vivos, materiais minerais e orgânicos de cujas interações resultam seus atributos específicos (estrutura, fertilidade, matéria orgânica, CTC etc.). Estas características são altamente interdependentes, de modo que não se pode modificar nenhuma delas sem modificar as demais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

Nesse sentido, degradação do solo é a alteração adversa das suas características em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto ao estabelecimento em planejamento quanto àqueles considerados potenciais (ABNT, 1989). Desse modo, entende-se como solo degradado aquele que sofreu perda parcial ou total de sua capacidade de sustentar o crescimento de plantas e de organismos (GONÇALVES *et al.*, 2003; CORRÊA, 2009).

As principais características do solo afetadas com a degradação estão relacionadas à perda da camada superficial, alteração da estrutura e perda da matéria orgânica. Sendo difícil a caracterização e a contribuição de cada um destes componentes do solo na conservação do ambiente (DEDECEK, 1993).

A recuperação do solo ao seu estado original, do ponto de vista ecológico, é uma expectativa irreal, especialmente, após o ecossistema ter sofrido processos que mudam drasticamente suas condições físicoquímicas (EIJSSACKER, 1998). Contudo, uma estratégia bastante recomendada é a recomposição da vegetação e o desenvolvimento de novas tecnologias, sendo necessária a intensificação de pesquisas que contemplem, entre outras linhas, a interação dos conhecimentos sobre física, química, mineralogia e biologia do solo (MOREIRA, 2004).

É sabido que, para iniciar a revegetação de uma área sem resiliência, os propágulos podem ser oriundos de um banco de sementes local, dispersos pela fauna e, ou, pelo vento, por recolocação da camada superior do solo (*topsoil*), deposição de serapilheira, a partir de sementes coletadas ou compradas e de mudas (CUSATIS, 2001). O aproveitamento do solo superficial (*topsoil*) tem sido utilizado como prática comum nas áreas com atividades de mineração, possibilitando o aproveitamento do banco de sementes, microrganismos, nutrientes e matéria orgânica existentes no solo. O conhecimento deste substrato é parte

essencial do processo, sendo realizado por meio de análises químicas e físicas, possibilitando recomendações de manejo e adubação necessárias para o estabelecimento da vegetação (REZENDE, 2010).

Em vários países, a utilização do *topsoil* é o procedimento recomendado para ativar processo de recuperação em minas a céu aberto (ZHANG *et al.*, 2001) pois, além de permitir o aproveitamento do banco de sementes e favorecer a regeneração natural (REZENDE, 2010), reduz os custos com produção de mudas, com a recuperação do solo, com a eficiência do plantio etc., além de garantir uma maior diversidade florística e genética obtida com espécies locais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000).

O presente estudo objetivou avaliar dois tipos de *topsoil*, assim como maneiras de utilização dos mesmos, seja como fonte de propágulos, nutrientes, microorganismos, matéria orgânica, enfim, na recuperação do solo de diferentes áreas degradadas. Os experimentos foram desenvolvidos em áreas pertencentes à empresa de mineração de ferro *Anglo American*, sediada no município de Conceição do Mato Dentro, em Minas Gerais. Como a empresa ainda está em fase de instalação, as áreas cedidas não são áreas degradadas pelo processo de extração do minério, sendo uma em pilha de estéril e a outra em pastagem degradada.

O trabalho foi organizado em formato de capítulos, em que o primeiro apresenta uma revisão bibliográfica sobre todos os temas envolvidos no estudo. O segundo capítulo apresenta a avaliação da regeneração natural e da cobertura do solo de uma pilha de estéril no período seco e chuvoso a partir da deposição a lanço de *topsoil* proveniente de campo rupestre ferruginoso no município de Conceição do Mato Dentro, em Minas Gerais. E o terceiro capítulo apresenta abordagens para o uso de *topsoil* na recuperação de uma pastagem degradada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 10703- Degradação do solo-Terminologia. Rio de Janeiro - RJ, 45p, 1989.

CORREIA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: Manual para revegetação.** Brasília: Universa, 2ª ed. revisão ampliada. p.174 2009.

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

DEDECEK, R. A. Manejo e preparo do solo. In: **Curso de recuperação de áreas degradadas.** Curitiba, Universidade Federal do Paraná; FUPPEF; APEF, v.1, 300p. 1993.

- EIJSACKER, H. Soil quality assessment in an international perspective: generic and land-use based quality standards. **Ambio**, Rio de Janeiro, v.27, n.1, p.70-77, 1998.
- GONÇALVES, J. L. M.; Jr. NOGUEIRA, L. R.; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF, Botucatu-SP, 340 p. 2003.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 626p. 2002.
- MOREIRA, P. R. **Manejo de solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo - SP.
- REZENDE, L. A. L. **Reabilitação de campos ferruginosos degradados pela atividade minerária no quadrilátero ferrífero**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 3.ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, p.235-248, 2000.
- ZHANG, Z. Q., SHU, W. S., LAN, C. Y., WONG, M. H. Soil seed bank as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. **Restoration Ecology**, Washington, v.9, n.4, p.378-384, 2001.

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

1 - Formações vegetais predominantes em Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais apresenta uma geodiversidade expressa em variados tipos de solo e relevo que permite o estabelecimento de uma variedade notável de fitofisionomias. Sendo encontradas as formações florestais (Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila), as savânicas (Cerrado *sensu stricto*, campos sujos, campos limpos) e os campos rupestres (sobre quartzito, canga ferruginosa ou afloramento granítico) (VIANA, 2008).

Um dos subtipos florestais que compõem o bioma Mata Atlântica e ocorre, especialmente, nas regiões a oeste da Serra do Mar, com áreas expressivas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná e manchas em alguns países vizinhos, como o Paraguai e a Argentina, é denominado de Floresta Estacional Semidecidual ou Semicaducifólia (RAMOS *et al.*, 2008). Este tipo de vegetação está condicionado à dupla estacionalidade climática. Sendo uma época tropical com chuvas intensas de verão, seguidas por estiagens acentuadas e outra subtropical, com seca fisiológica provocada pelo frio intenso do inverno, com temperaturas médias de 15°C (VELLOSO *et al.*, 1991).

Atualmente, a Floresta Estacional Semidecidual em Minas Gerais, outrora exuberante, encontra-se “ilhada” nas áreas de declividade acentuada e/ou impróprias para o cultivo, na forma de inúmeros fragmentos com vários formatos e tamanhos ou preservada das intervenções antrópicas nas unidades de conservação (SILVA *et al.*, 2003). Tudo isso por coincidirem com solos férteis e úmidos, características de grande atrativo para a agropecuária nas regiões do sul e leste de Minas Gerais (EITEN, 1982).

Já os campos rupestres ferruginosos, conhecidos como vegetação de canga e com distribuição em áreas restritas associadas a importantes depósitos de minério de ferro, estão entre os ecossistemas mais ameaçados e menos estudados de Minas Gerais (JACOBI *et al.*, 2007; JACOBI e CARMO, 2008), por abrigar espécies vegetais com potencial medicinal como a “arnica” (*Lychnophora pinaster* Mart.), ornamental como as bromélias e orquídeas e plantas tolerantes a altas concentrações de metais pesados no substrato (PORTO e SILVA, 1989; RIZZINI, 1997; TEIXEIRA e LEMOS FILHO, 1998), conhecidas como metalófilas.

A heterogeneidade topográfica das cangas é resultado de uma evolução geomorfológica muito peculiar (ROSIÈRE e CHEMALE, 2000), e reflete uma variedade de ambientes, tendo sido identificados recentemente oito habitats associados aos afloramentos, cada um com predominância de diferentes comunidades de plantas (JACOBI *et al.*, 2007). A

canga fornece, assim, condições ecológicas diferentes que constituem um refúgio para espécies adaptadas a condições xéricas, como a cactacea *Arthrocerus glaziovii* N.P. Taylor & D.C. Zappi; e a condições métricas, como *Staurogyne minarum* Kuntze (*Acanthaceae*) e *Juncus sp.* (*Juncaceae*). De tal forma que as plantas de campo rupestre ferruginoso apresentam adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas típicas de afloramentos rochosos *lato sensu* (GAFF, 1987; GIULIETTI *et al.*, 1987).

2 - Processo de Degradação

Em ecossistemas florestais a degradação pode ser atribuída a vários fatores naturais e antrópicos, como eventos climáticos extremos, estresses bióticos, seleção de espécies arbóreas, histórico de uso do solo e acidificação do solo (HÜTTL e SCHNEIDER, 1998). Assim, na perspectiva dos ecossistemas, a degradação pode ser caracterizada pela perda de sua estabilidade, ou seja, sua capacidade em responder às perturbações sofridas (ENGEL e PARROTTA, 2003).

O conceito para área degradada geralmente está relacionado à redução de produtividade devido a manejos agrícolas inadequados, a remoção da cobertura vegetal, o uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos, a poluição e a perda dos horizontes superficiais do solo por causa de erosão ou de mineração (CORRÊA, 2005). Solos degradados caracterizam-se por apresentar, em comparação às condições naturais, baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S); baixa capacidade de infiltração de água e alta compactação, que se refletem em baixa atividade biológica, o que dificulta o desenvolvimento da cobertura vegetal, tornando essas áreas impróprias (RUIVO, 1998).

A degradação de um ecossistema não está intimamente relacionada à degradação do solo. Ou seja, um capão ou uma mata ciliar que passou por um processo de desmatamento, para a formação de pastagens, e que está distante de qualquer fragmento de floresta natural, pode ser considerado ecossistemas degradados em solos conservados. Neste caso, a degradação consiste na perda da qualidade da biota ou da estrutura do ecossistema (CARPANEZZI, 2005).

Dessa forma, os diferentes níveis de alterações ambientais geram não só pequenas modificações, a queda natural de árvores, como também grandes modificações que excedem o limite da resiliência (FONSECA *et al.*, 2001). E conforme a intensidade do distúrbio, alguns fatores essenciais ao processo de regeneração natural como o banco de plântulas e de sementes no solo, a capacidade de rebrota das espécies, a chuva de sementes, dentre outros,

poderão ser perdidos, dificultando ou tornando o processo extremamente lento (MARTINS, 2007).

É sabido que a agricultura e a pecuária exercem forte pressão tanto sobre as florestas como sobre ecossistemas abertos, resultando na perda da biodiversidade. Os desmatamentos, o uso do fogo, o superpastoreio, o monocultivo, a mecanização intensiva e, principalmente, o uso indiscriminado de agrotóxicos, causam a diminuição da flora e fauna, além de alterar a qualidade e a disponibilidade hídrica, pela contaminação dos agrotóxicos e pelo assoreamento dos corpos d'água (FISZON *et al.*, 2005).

Outra atividade relevante no processo de degradação é a mineração que promove no meio físico uma degradação que pode ser de escalas pontuais até escalas regionais. Os efeitos dessa degradação são perceptíveis por vários condicionantes ambientais e antrópicos, influentes ou não para vida humana. A mineração leva à supressão da vegetação, altera drasticamente a paisagem e perturba totalmente o ecossistema (GARDNER, 2001).

2.1 - Impactos relacionados à mineração

Os impactos ambientais causados pela mineração estão relacionados com a movimentação de terras e escavações. E decorrentes destas atividades estão o desmatamento, a alteração da superfície topográfica da paisagem, a perda ou degradação das camadas superficiais do solo, a instabilização de encostas e terrenos em geral, as alterações dos corpos d'água e de níveis do lençol freático, a erosão e o assoreamento (KOPEZINSK, 2000).

O método de extração, o tamanho da operação a ser utilizada na lavra e a natureza do mineral e suas consequências, como o beneficiamento, são três fatores que aumentam a extensão dos distúrbios, uma vez que o mineral pode ser extraído por desmonte hidráulico, dragagem, escavações e desmonte por explosivos, causando impactos ambientais diferenciados (SILVA, 1988).

A atividade de mineração no Brasil, e em todo o mundo, é responsável atualmente pelo acúmulo ao longo dos anos, de inúmeras paisagens alteradas em virtude da extração mineral. Isso se deve, principalmente, ao grande volume de minérios explorados, que, além de modificar a paisagem, produz efluentes, estéreis e rejeitos que podem comprometer a estética e a qualidade do ambiente local, principalmente, quando a lavra é a céu aberto. Esses locais, quando abandonados, dão origem a extensas áreas degradadas, com a possibilidade de originar sérios problemas ambientais, bem como à saúde humana (BARTH, 1989).

Anualmente, a indústria de mineração explora centenas de milhões de toneladas de solo e rocha para extrair bens minerais que, após beneficiamento, servem para a produção de

uma enorme quantidade de produtos fundamentais para a civilização moderna (CARRIER *et al.*, 1983).

Na maioria das vezes, a maior parte do material explorado é resíduo, estéril e/ou rejeito. Estéril é a designação usada para o material escavado que não contém o mineral desejado, ou o contém, porém, em quantidade insuficiente para viabilizar a sua exploração econômica. Rejeito é o nome atribuído ao que se descarta após o beneficiamento do minério (material escavado menos estéril). Em alguns casos, como na mineração de cobre ou ouro, os rejeitos podem representar mais de 99% do minério (AMORIM, 2008).

Entretanto, em 10 de abril 1989, o Decreto nº. 97.632 regulamentou, em seu artigo primeiro, a obrigatoriedade, aos empreendimentos que se destinam à exploração mineral, de submeter, juntamente ao Estudo de Impactos Ambientais – EIA e ao Relatório de Impactos Ambientais – RIMA, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD à aprovação do órgão ambiental competente. Assim, a recuperação teria como objetivo devolver ao sítio degradado uma forma de utilização preestabelecida visando uma estabilidade do meio ambiente (PINHEIRO, 2008).

3 - Recuperação de áreas degradadas

Até recentemente, a recuperação de uma área degradada não possuía vínculos estreitos com a teoria, sendo executada como uma simples prática de plantio de mudas, a fim de controlar processos erosivos, estabilizar taludes ou apenas melhorar a paisagem (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Com o acúmulo de conhecimentos sobre os processos relacionados à dinâmica de formações naturais, mudanças significativas nos programas de recuperação têm ocorrido (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004). Tornando-se uma atividade exigente de uma abordagem sistemática, com bom planejamento e de visão à longo prazo (BARBOSA *et al.*, 2005), deixando de ser uma mera aplicação de práticas agronômicas ou silviculturais, que propunha apenas a recomposição de espécies florestais para desempenhar a difícil tarefa da reconstrução dos processos ecológicos e das complexas interações da comunidade (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Estudos realizados por diversos autores indicam a inexistência de modelos totalmente consagrados para a recuperação de áreas degradadas. Todavia, há um consenso em algumas recomendações, como a necessidade de estudos integrados, básicos e aplicados, que levem em consideração os processos naturais de sucessão ecológica, as dificuldades relacionadas à falta de conhecimento do comportamento biológico das espécies florestais nativas e o estado de

conservação ou degradação dos solos em função da intervenção sofrida (SANTOS JUNIOR, 2000).

A escolha ou criação de um modelo de recuperação é um processo em constante aprimoramento, que é alimentado não só pelos conhecimentos básicos sobre ecologia, demografia, genética, biogeografia, mas, também, pelas informações sobre o ambiente físico e biológico da região em que será implantado (KAGEYAMA e GANDARA, 2004).

Em áreas em que a degradação não foi intensa, e o banco de sementes apresenta um bom estoque, a regeneração natural pode ser suficiente para a recuperação florestal. Nestes casos, torna-se imprescindível eliminar o fator de degradação, ou seja, isolar a área e não praticar qualquer atividade de cultivo, deixando que a sucessão secundária promova a colonização da área aberta e conduza a vegetação através de uma série de estádios sucessionais. Tais estádios são caracterizados por grupos de plantas que vão se substituindo ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais até chegar a uma comunidade bem estruturada e mais estável (MARTINS, 2001).

A recuperação de áreas degradadas, quase que invariavelmente, tem se baseado no plantio de mudas, sem sequer levar em conta o potencial de regeneração da área ou mesmo o uso de técnicas alternativas (SANTOS JÚNIOR, 2000). A técnica de transposição de solo, que além de barata, é simples de proceder e tem a vantagem de recompor o solo degradado como fonte de propágulos e de grande diversidade de organismos capazes de dar um novo ritmo sucessional ao ambiente (REIS *et al.*, 2003). Além de concentrar matéria orgânica e nutrientes que diferenciam a regeneração natural, podendo, assim, considerar que uma significativa parte da resiliência de uma área degradada encontra-se na camada superficial de seus solos (CORRÊA, 2009).

3.1 - Recuperação de áreas mineradas

A necessidade de intervenção em áreas mineradas resultou no desenvolvimento de técnicas para o tratamento de substratos expostos e na seleção de espécies aptas a crescerem e a se desenvolverem sob as condições extremas e locais fortemente degradados (CORRÊA, 2006). Nesse sentido, a intervenção humana pode acelerar o processo de regeneração em áreas mineradas, permitindo a retomada da sucessão e grande incremento na cobertura vegetal e da diversidade (SILVA *et al.*, 2003; PINHEIRO, 2008).

No planejamento das ações de recuperação de áreas mineradas, a variável tempo é de fundamental importância. Pois tanto a exploração mineral quanto a recuperação da área explorada são atividades que requerem tempo para serem concluídas. Por meio do

planejamento, é possível harmonizar as práticas de exploração com as de recuperação, de modo que uma não prejudique ou dificulte o êxito da outra. Assim, faz-se necessário efetuar um planejamento eficiente, em que os objetivos (a curto, médio e longo prazo) estejam bem definidos (NASCIMENTO, 2001).

Nesse processo, várias podem ser as técnicas de recuperação, entre elas, destacam-se a reposição da camada superficial do solo sobre o substrato minerado, controle de erosão, terraceamento, escolha das espécies que irão compor a comunidade vegetal da área e o tratamento de covas antes do plantio (CORRÊA, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 1987), os objetivos a serem alcançados na recuperação de áreas degradadas, *a curto prazo*, seria a recomposição da topografia do terreno; o controle da erosão do solo; a revegetação do solo; a correção dos níveis de fertilidade do solo; e o controle da deposição de estéreis e rejeitos. *A médio prazo*, seria o surgimento do processo de sucessão vegetal; a reestruturação das propriedades físicas e químicas do solo; a ocorrência de ciclagem dos nutrientes; e o reaparecimento da fauna. E *a longo prazo*, seria a auto sustentação do processo de recuperação; o inter-relacionamento dinâmico entre solo-planta animal; e a utilização futura da área (NASCIMENTO, 2001).

É sabido que a atividade de mineração inicia-se com a retirada da cobertura vegetal e, conseqüentemente, com o revolvimento do solo e do subsolo, causando distúrbios na camada superficial, *topsoil*, que é responsável pela maior atividade biológica devido à presença da matéria orgânica e, é também, onde está localizado o maior número de sementes e propágulos. Dessa forma, a revegetação e a recolonização da micro e mesofauna do solo ficam extremamente prejudicadas (RUIVO, 1998).

Diante disso, o conhecimento do solo ou do subsolo em que essa recuperação tem que ser conduzida é um aspecto fundamental para o processo. Sendo que os procedimentos específicos para se obter sucesso na recuperação dessas áreas dependem essencialmente das propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas do solo ou substrato, que deverão apresentar condições adequadas para o desenvolvimento das plantas (FONTES, 1991).

Neste sentido, o Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM), através do seu órgão seccional, a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), passou a exigir a viabilização de operações de resgate de flora e de uso do *topsoil* em licenciamentos de mineração (FEAM, 2001), uma vez que o *topsoil* resulta do decapeamento da camada superficial do solo e contém uma mistura composta por sementes do banco de sementes, micro, meso e macro fauna/flora, que são fatores importantes na ciclagem dos nutrientes, na reestruturação e na fertilização do solo (SANTOS, 2010).

O plano de revegetação de uma área minerada deve estar subsidiado na sucessão secundária, no sentido de recuperar a forma e a função da paisagem anterior. Este processo caracteriza-se, principalmente, por seu gradual aumento e substituição de espécies no tempo, em função das diferentes condições ambientais que vão se estabelecendo, às quais diferentes espécies se adaptam melhor. A substituição de uma comunidade por outra ocorre até ser atingido um nível em que muito mais espécies podem se expressar, no seu tamanho máximo, e em que a biodiversidade também é máxima (REIS, ZAMBONIN e NAKAZONO, 1999). Quanto maior o nível de interação entre as espécies da fauna, da flora e da comunidade do solo, mais eficiente será a dinâmica sucessional e, conseqüentemente, a recuperação da resiliência local, ou seja, quanto maior a capacidade de uma comunidade em atrair, nutrir e dar condições de reprodução, mais rápida será sua restauração (REIS, ESPÍNDOLA e VIEIRA, 2003).

A condição para ocorrer a sucessão é ditada, inicialmente, pelo solo ou substrato, que é a base para a recuperação ambiental, pois, nele, será introduzida a vegetação, proposta pela maioria dos programas de recuperação. Assim, a presença da camada fértil com elevados teores de matéria orgânica do solo, como a adição de serrapilheira, contribuem e dinamizam o desenvolvimento vegetal; são fontes de nutrientes e de sementes da vegetação local. A matéria orgânica varia, consideravelmente, entre um solo e outro, em diferentes sítios num mesmo perfil, e decresce com a profundidade. Seus teores em solos de superfície contêm desde traços até 20% ou 30% de carbono (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Sua função é melhorar as características físicas do terreno com o aumento da porosidade (aeração) e da retenção de água, através da formação de grânulos no solo, servir de fonte de minerais para as plantas, pois, a ela estão ligados o nitrogênio, o fósforo e o enxofre e propiciar o desenvolvimento da comunidade microbiana do solo, formada por bactérias, fungos, algas, vírus e protozoários que atuam na decomposição de matéria orgânica (CARVALHO, 1998).

3.2 - Solo superficial: contextualização

3.2.1 - O uso do *topsoil* na recuperação de áreas degradadas

Mesmo antes das exigências legais prescritas pela Constituição Brasileira de 1988, a Companhia Geral de Minas, subsidiária do Grupo Alcoa, iniciou, de forma pioneira e voluntária, em 1978, os trabalhos de reabilitação das áreas mineradas, os quais foram se aprimorando ao longo do tempo (ANTUNES, 2004). Entre as práticas mitigadoras que compõem o plano de gestão ambiental da Alcoa, a recomposição paisagística é uma das principais sendo desenvolvida em diversas etapas, desde a remoção do solo superficial, sua

estocagem temporária e reposição depois de exaurida cada cava até o restabelecimento da vegetação (ANTUNES, 2004).

Nos manuais de recuperação de áreas degradadas pela mineração (IBRAM, 1992) encontra-se a recomendação do uso do *topsoil* como prática fundamental de recuperação de áreas de lavra, sendo esta técnica mais conhecida e utilizada, atualmente, em áreas de mineração de bauxita (JAKOVAC, 2007), uma vez que a utilização do *topsoil* é um procedimento recomendado em vários países para ativar de recuperação em minas a céu aberto (ZHANG *et al.*, 2001), permitir o aproveitamento do banco de sementes e favorecer a regeneração natural (REZENDE, 2010).

Esta técnica tem se mostrado muito eficiente para a restauração de áreas mineradas, pois reduz os custos de utilização de mudas, recuperação do solo etc., além de garantir uma maior diversidade florística e genética da restauração, obtida com espécies locais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000), e por ser uma fonte facilmente disponível de vegetação nativa que pode ser usada para ajudar na restauração do sistema florestal que estava em vigor antes da mineração (HALL *et al.*, 2010).

A retirada do *topsoil* do perfil do solo tem influência direta sobre a estrutura e as características físicas do solo. Como nas áreas fortemente degradadas pela atividade de mineração e nas pilhas de rejeitos, em que 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).

Dessa forma, a utilização do *topsoil* pode ser determinante para o sucesso do processo de revegetação de áreas mineradas e pilhas de rejeito e estéril, visto que estas áreas, normalmente, apresentam severas limitações químicas (baixa fertilidade etc.) e físicas (alta resistência à penetração de raízes etc.) para o estabelecimento das plantas (SILVA *et al.*, 2004; DIAS *et al.*, 2007), mesmo que muitas dessas limitações possam ser corrigidas de outras formas mais comuns, como calagem, escarificação do solo, e plantio de espécies herbáceas de cobertura. A qualidade da área recuperada poderia ser comprometida, sendo o *topsoil*, neste caso, um complemento ou, até mesmo, um substituto dessas práticas de correção (COOKE e JOHNSON, 2002; NEAGOE *et al.*, 2005; ALMEIDA, 2006; HAYNES, 2009).

3.2.2 - Caracterização e importância do *topsoil*

O termo *topsoil* é utilizado para designar a faixa ou camada mais superficial do solo com influência marcante da matéria orgânica, da fauna do solo e de nutrientes minerais

(IBAMA, 1990; BARTH, 1989; GRIFFITH, 2005). Outro conceito diz que *topsoil* é o material resultante do decapeamento da camada superficial do solo minerado e contém uma mistura composta por banco de sementes, micro, meso e macro fauna/flora, que são fatores importantes na ciclagem dos nutrientes, na reestruturação e fertilização do solo (SANTOS, 2010). Já, internacionalmente, o termo *topsoil* é utilizado de um modo mais genérico sendo considerado todo o material empregado na cobertura dos depósitos de rejeitos, abrangendo, inclusive, a camada de estéreis da mineração ou *overburden* (HARRIS e RENGASAMY, 2004).

A função básica do *topsoil* na recuperação de áreas degradadas é a introdução de espécies herbáceo-arbustivas pioneiras, através do seu banco de sementes, as quais se desenvolvem e proliferam, atraindo a fauna consumidora (herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes), preparando o ambiente para os *seres* subsequentes, cumprindo seu papel de facilitadoras (ESPINDOLA *et al.*, 2004).

Assim, vários autores ressaltam, a importância do *topsoil* como fonte de propágulos, principalmente, quando utilizado em associação com a serrapilheira de mata (OZÓRIO, 2000; CUSATIS, 2001; SKRINDO e PEDERSEN, 2004; GRIFFITH, 2005). Já que, em termos de densidade e riqueza de espécies, os melhores resultados obtidos ocorrem quando o *topsoil* e camada de serrapilheira são utilizados em conjunto, devido às espécies arbóreas pioneiras abundantes no banco de sementes terem sua germinação estimulada quando transferidas para áreas abertas e solos expostos (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Alguns estudos confirmam a importância do *topsoil* como camada de recobrimento dos depósitos de estéril (LOURENÇO, 1991; SANTOS, 1996; SOUZA, 2003), pois o retorno deste material visa condicionar o 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 e DANIELS, 1998). Em muitos casos, a simples deposição da camada de *topsoil* já implica numa redução significativa da necessidade de adubação de manutenção para a vegetação implantada (SOUZA, 1996).

Contudo, mesmo o uso de *topsoil* sendo visto como uma excelente fonte de propágulos e de matéria orgânica, nem sempre é possível utilizá-lo imediatamente após sua remoção, sendo necessário o seu armazenamento. Por isso, existe a necessidade de que sua utilização seja otimizada, de modo a se obter o maior desenvolvimento possível da vegetação (ALMEIDA, 2006).

3.2.3 - O armazenamento do *topsoil*

A composição do *topsoil* pode sofrer alterações químicas e microbiológicas com o seu armazenamento, por isso a avaliação do efeito do tempo de armazenagem do *topsoil* sobre seu potencial como fonte de propágulos corresponde a uma importante informação para aperfeiçoar sua utilização como técnica de recuperação de áreas degradadas (ALMEIDA, 2006), uma vez que o armazenamento pode comprometer a qualidade do material, pois afeta a estruturação, o teor de matéria orgânica e o banco de sementes, mesmo em curto período de tempo (RIVES *et al.*, 1980; DICKIE *et al.*, 1988; KUNDU e GHOSE, 1997; WICK *et al.*, 2009).

Com o armazenamento do *topsoil*, ocorre uma compactação das camadas que cria condições anaeróbicas, conseqüentemente, uma diminuição da biomassa microbiana e um aumento da concentração de amônia e dióxido de carbono, de forma que desfavoreça o potencial de germinação espontânea de plântulas (ALMEIDA, 2006). Apesar de que o armazenamento do *topsoil*, por 11 meses, não alterou as propriedades químicas e físicas do mesmo, fato que contraria as afirmações da literatura (CIPRIANI *et al.*, 2010).

Por esta razão, algumas normas para o armazenamento de solos orgânicos têm sido sugeridas por alguns autores sendo que a ideal é removê-los e armazená-los misturados com a vegetação do mesmo local (TYSON, 1979). Aconselha-se que o tempo de armazenamento não seja superior ao período de tempo em que o *topsoil* permanece com boas condições para ser utilizado em práticas de recuperação de áreas degradadas (GHOSE, 2001).

Este período deve ser definido de acordo com cada área em particular. É sabido que, 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* poderão germinar durante o armazenamento do material (ALMEIDA, 2006). Em função disto, a recomendação do IBAMA (1990) é que o *topsoil* seja armazenado, quando 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. Se por algum motivo, este armazenamento se der por períodos superiores ao de sua vida útil, faz-se necessário, a utilização de técnicas de recuperação microbiológica (ALMEIDA, 2006).

O armazenamento do *topsoil* pode ser feito em cordões ou leiras, de até 1m de altura, ou em pilhas individuais de 5 a 8m³, pois o tamanho das pilhas pode influenciar no comportamento das propriedades do material ao longo do tempo (IBAMA, 1990). Neste sentido, pilhas muito altas podem favorecer a compactação das camadas mais profundas e

criar ambientes anaeróbicos que favorecem a produção de gases tóxicos e chorume, enquanto que pilhas muito compridas e largas demandam áreas muito extensas (CIPRIANI, 2010).

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 devem ser preparados com obras de drenagem e proteção à pilha que será formada (ALMEIDA, 2006). Essa proteção pode ser feita através de uma cobertura plástica de cor preta ou lona, a fim de não propiciar a germinação dos propágulos existentes, evitando, desta forma, o desperdício do material (IBAMA 1990).

Não é aconselhável armazenar solos muito úmidos, nem removê-lo em época de chuva (GEISER *et al.*, 1977). Sendo assim, o teor de umidade do *topsoil* no momento de sua remoção é um ponto de controvérsia. 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 e DANIELS, 1998), enquanto outros aconselham que o *topsoil* seja removido o mais seco possível, pois isto pode reduzir o risco de compactação e danos provocados à estrutura do solo (GHOSE, 2003).

3.2.4 - A espessura de uso do *topsoil*

A espessura da camada de *topsoil*, a partir da qual já seria possível o desenvolvimento da vegetação em um intervalo de tempo satisfatório, é um aspecto a ser melhor definido para possibilitar uma otimização do uso do *topsoil* (ALMEIDA, 2006). Segundo o IBAMA (1990), a espessura da camada de recobrimento, que, geralmente, situa-se entre 10 e 30cm, pode variar de acordo com as características do substrato a ser revegetado e com a disponibilidade local deste material (PFALTZGRAFF e MENDES, 2005).

A espessura de uso do *topsoil* é variável em função das condições locais e da vegetação a ser utilizada (SANTOS, 2005). Sendo que o ideal é que o *topsoil* seja aplicado em sua espessura original, porém, frequentemente, ocorrem perdas durante as operações e o 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 (TOY e DANIELS, 1998).

Alguns autores referem-se a esta camada como algo na faixa de 0,5 a 2,0m de profundidade, ou seja, incluindo o horizonte B (SANTOS, 2005). Para cultivar gramíneas, o recomendado é que o *topsoil* seja espalhado numa camada mínima de 5 a 8cm. Já para o

plantio de árvores ou arbustos, essa profundidade deve ser superior a 30cm (CANADÁ,1975). O trabalho desenvolvido por Rezende (2010), na Mina de Capão Xavier, uma das minerações da Vale em Nova Lima, Minas Gerais, avaliou o desenvolvimento das placas de campo rupestre relacionado com a espessura do substrato – composto por canga e *topsoil* – de 20 e 40cm. Chegando ao resultado de que a cobertura vegetal teve um aumento significativo de 80% nas parcelas com espessura de 40cm.

4 - Formação do solo

A vegetação possui papel direto como fator de formação do solo, através da sua intervenção no processo de intemperização, fragmentando a rocha, em função do crescimento das raízes; através da ação colonizadora dos líquens; e do aporte de matéria orgânica ao solo. A vegetação atua também como filtro protetor para a radiação solar e a chuva, regulando a temperatura, a umidade e a evaporação, e evitando o *splash* (salpicamento do solo), através da interceptação das gotas de chuva; diminui o escoamento superficial e a erosão hídrica, pelo aumento da infiltração; e serve como barreira natural contra a ação erosiva dos ventos (GUERRA e BOTELHO, 1996).

A fauna desempenha diversas funções no solo: predação, controle biológico, parasitismo de plantas e animais, processamento da serapilheira através de sua fragmentação que aumenta a área de superfície exposta ao ataque dos microorganismos, distribuição da matéria orgânica, de nutrientes e microorganismos (transporte da superfície para as camadas mais profundas), alteração das propriedades físicas do solo pela construção de galerias, ninhos e câmaras e alteração nas taxas de decomposição da matéria orgânica e de mineralização de nutrientes (ASSAD, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O solo é um dos principais componentes físicos responsáveis pela caracterização e diferenciação dos habitats e microhabitats. Ele é o principal meio para nutrição mineral das plantas terrestres, e possui propriedades que mudam rapidamente no tempo e no espaço (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

4.1 - Indicadores de Qualidade do Solo

A qualidade do solo (QS) pode ser conceituada como a capacidade de esse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (DORAN e PARKIN, 1994).

Outro conceito de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN e SEMENOV,

2000; SPOSITO e ZABEL, 2003). E é, muitas vezes, utilizado como sinônimo de saúde do solo, pois se refere à capacidade do solo de sustentar a produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas, animais e do próprio ser humano (DORAN *et al.*, 1996; SPOSITO e ZABEL, 2003).

Diante das múltiplas funções que o solo apresenta, três exigências básicas devem ser atendidas no processo de avaliação e de monitoramento da sua qualidade: a) definir de forma adequada a função ou a finalidade a que se destina a avaliação; b) estabelecer, entre a multiplicidade de atributos químicos, físicos e biológicos do solo, aqueles que são pontos-chave para cada função do solo e definir a forma como integrá-los; e c) definir critérios e indicadores específicos para a interpretação dos dados dos atributos selecionados, de forma a permitir estimativas confiáveis de qualidade do solo para cada função (DORAN e PARKIN, 1994).

Expressar a qualidade e a produtividade do solo através de atributos químicos, físicos e biológicos condiz com o contexto dos sistemas agrícolas, que são quase que dependentes de suprimento de nutrientes por adubação, uma vez que o fluxo de nutrientes ocorre, principalmente, do solo para a planta (SCHOENHOLTZ *et al.*, 2000).

O monitoramento da qualidade do solo deve ser orientado para detectar tendências de mudanças que são mensuráveis num período relativamente longo. Esse monitoramento pode ser feito na propriedade agrícola ou em níveis mais abrangentes, como microbacia hidrográfica. As práticas de manejo e conservação do solo e da água devem ser planejadas e executadas procurando-se manter ou mesmo melhorar seus atributos, de modo a aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade biológica competitiva, sem comprometer a qualidade da água (ARAUJO *et al.*, 2007).

Nesse aspecto, os indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema (KARLEN *et al.*, 1997).

A utilização de indicadores de qualidade do solo, relacionados à sua funcionalidade, constitui uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente. Neste caso, as características de funcionalidade estariam relacionadas àquelas exercidas pela pedosfera no sistema solo-planta: a) reguladora de processos bióticos, tais como o suprimento de minerais e água para as plantas; b) reguladora e controladora do fluxo de bioelementos (ciclagem de nutrientes); c) reguladora

das trocas gasosas entre a atmosfera; e) condução e distribuição da água em vários fluxos hidrológicos (KARLEN e STOTT, 1994).

4.1.1 - Indicadores físicos

A qualidade física de solos é um importante elemento de sustentabilidade, sendo uma área de estudo em contínua expansão (LAL, 2000; REYNOLDS *et al.*, 2002), já que as propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidas no suporte ao crescimento radicular; armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARSHAD *et al.*, 1996).

São aqueles relacionados ao arranjo das partículas sólidas e dos poros, como a densidade, a porosidade, a estabilidade de agregados, textura, encrostamento e compactação. Sendo eles importantes, pois refletem, primariamente, as limitações para o desenvolvimento radicular, emergência de plântulas, infiltração ou retenção no perfil do solo (SANTANA e BAHIA FILHO, 1998). A melhoria desses atributos indica melhor estruturação, agregação e transformação do material litólico, apontando para uma melhoria dos atributos ambientais e facilitando a colonização espontânea de espécies que contribuem para reconstrução do ecossistema (RODRIGUES *et al.*, 2002).

4.1.2 - Indicadores químicos

Para caracterizar quimicamente um tipo de solo, devem ser analisadas diversas características, como: carbono orgânico, nitrogênio total, pH, cloreto de potássio, fósforo assimilável, carbonato de sódio, sílica, sesquióxido de ferro, óxido de titânio, capacidade de troca de cátions, saturação de bases etc. (PALMIERI e LARACH, 1996).

No entanto, essas análises são feitas em estudos que procuram compreender os solos, sob o ponto de vista pedológico e agrônômico. Os estudos dos solos, sob a perspectiva geomorfológica, levam em conta, na maioria das vezes, os teores de carbono orgânico e o pH, que, juntamente às outras propriedades químicas, também interferem sobre os atributos físicos dos solos, como o teor e a estabilidade de agregados, porosidade, densidade aparente etc., que serão vistos, a seguir. Dentre as propriedades químicas que mais afetam a erodibilidade dos solos, destaca-se o teor de carbono orgânico (GUERRA e BOTELHO, 1996).

Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos (Al^{+3}) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m) (ARAÚJO, 2012). As condições químicas do solo afetam a relação solo-planta, a qualidade da água, a capacidade tamponante, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e

outros organismos, a mobilidade de contaminantes, entre outros (SANTANA e BAHIA FILHO, 1998).

4.1.3 - Indicadores microbiológicos

Eles podem ser utilizados para monitorar a estrutura ou o desenvolvimento do solo, estoque de nutrientes e atividade biológica de diferentes ecossistemas (GREGORICH *et al.*, 1994). Os microorganismos têm papel importante no funcionamento e na sustentabilidade de agrossistemas, porque atuam na gênese e morfologia dos solos, na troca de nutrientes do sistema solo-planta e, principalmente, na ciclagem de compostos orgânicos, estabelecendo estreita cadeia de relações causa e efeito. Microorganismos promovem a decomposição de resíduos, a mineralização e a absorção de determinados nutrientes pelas plantas, melhorando sua nutrição, resistência a doenças e a estresses abióticos (COLOZZI FILHO *et al.*, 1999). As populações microbianas do solo sofrem acentuada influência do ambiente, podendo os microorganismos ou seus processos ser inibidos em até 100% por diversos fatores estressantes. Devido à elevada diversidade fisiológica, ecológica e funcional, as populações microbiológicas podem se recuperar do impacto (CARVALHO, 2005).

Os indicadores biológicos, como a biomassa microbiana do solo, o nitrogênio mineralizável, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes tanto no que se refere à ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da capacidade do solo para o crescimento vegetal (ARAUJO, 2012).

4.1.4 - Banco de sementes

As informações sobre o banco de sementes podem subsidiar investigações sobre três aspectos da vegetação: sua composição, abundância relativa das espécies recentemente instaladas e o potencial de distribuição de cada espécie (WELLING *et al.*, 1988). A composição do banco de sementes depende da composição das sementes produzidas pela vegetação e a longevidade das sementes de cada espécie, sob as condições locais (PEDERSON e VALK, 1989). Assim, é inevitável que os bancos de sementes sejam básicos na administração e na restauração da vegetação, e a administração efetiva das comunidades vegetais depende do entendimento da dinâmica do banco de sementes (BAKER, 1989), uma vez que a composição do banco de sementes inclui espécies das várias formas de vida e com uma diversidade genética correspondente a região (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Nas florestas tropicais, a formação de banco de sementes geralmente ocorre em espécies de sucessão inicial ou de clareiras, tais como ervas, arbustos e árvores pioneiras, embora seja, ocasionalmente, também, encontrada em sementes de espécies de sucessão avançada (UHL *et al.*, 1981; THOMPSON, 1992; RICHARDS, 1998).

Banco de sementes é um sistema dinâmico, formado pela chuva de sementes proveniente da comunidade local, da vizinhança e de áreas distantes, quando as sementes são dispersas pelas distintas síndromes de dispersão (anemocoria, endozoocoria, epizoocoria, hidrocoria e autocoria). Conforme MARTINEZ-RAMOS e SOTO-CASTRO (1993), a contribuição destas diferentes fontes de sementes determina, estruturalmente, a comunidade florestal.

5 - Uso do *topsoil* na Restauração Ambiental: utopia ou realidade?

As ações definidas para a restauração de áreas degradadas devem ser planejadas e executadas de forma que a sustentabilidade do novo ecossistema seja atingida. Para isso, a escolha dessas ações requer a identificação correta e precisa de conceitos relacionados à dinâmica do ecossistema degradado e ao histórico de uso do solo, para serem consideradas adequadas, não havendo um modelo pré-estabelecido válido para todos os sítios e todas as situações.

Nesse sentido, a utilização da técnica de transposição de *topsoil* tem sido determinante na obtenção da sustentabilidade das áreas em processo de restauração, uma vez que proporciona ao meio condições físicas, químicas e microbiológicas favoráveis ao estabelecimento tanto das espécies do seu banco de sementes como das sementes dispersas do em torno. Entretanto, fatores logísticos acabam por dificultar a consolidação da utilização de *topsoil* como base para qualquer programa de restauração ambiental, por isso, esse trabalho tenta unir aspectos teóricos com a rotina empresarial para que essa importante ferramenta deixe de ser uma utopia e passe a ser uma realidade com resultados semelhantes ao natural.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. D'A. de. **Uso da camada superficial de solo na revegetação do estéril da extração de granito.** 2006. 57p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

AMORIM, N. R. **Avaliação de desempenho de sistemas de cobertura na mina Rio Paracatu Mineração (RPM).** 2008. 143p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ANDREASEN, J. K.; O'NEILL, R. V.; NOSS, R.; SLOSSER, N. C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, Alemanha, n.1, p.21- 35. 2001.

ANTUNES, P. A experiência pioneira da Alcoa em Poços de Caldas. **Brasil Mineral** - Edição Especial Mineração e Meio Ambiente - nº 228 - Junho de 2004.

ARAÚJO, E. A. de; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.1099-1108, 2007.

ASSAD, M. L. L. Fauna do Solo. In: MILTON, A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos Solos do Cerrado**, Planaltina, v.74, p.19-31, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 10703- Degradação do solo-Terminologia. Rio de Janeiro - RJ, 45p, 1989.

BAKER, H. G. Some Aspects of the Natural History of Seed Banks. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. (eds). **Ecology of Soil Seed Banks**. New York: Academic Press. p.9-21. 1989.

BARBOSA, L. M.; BARBOSA, K. C.; NEUENHAUS, E. C. M.; BARBOSA, J. M.; POTOMATI, A. Estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento para reflorestamentos induzidos visando o licenciamento ambiental. In: SIMPÓSIO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Anais...** Curitiba: Sobrade. p.221-233, 2005.

BARTH, R.C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, Boletim Técnico, n.1, 41p. 1989.

BATISTA NETO, J.P. **Banco de sementes do solo de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, Minas Gerais**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

BRANCALION, P.H.; (UFSCar e ESALQ/USP) Indicadores universais para monitorar áreas em restauração. **Workshop sobre monitoramento de áreas em recuperação** São Paulo, SP. Dezembro, 2010.

BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. **Applied Soil Ecology**, Estados Unidos, v.15, n.1, p.13-24, 2000.

CANADA, Ministry of Natural Resources. Vegetation for the rehabilitation of pits and quarries. Ontario, **Division of Forests**, Alaska, 38 p. 1975.

CARPANEZZI, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa-Florestas, p. 27- 42, 2005.

CARRIER, W. D.; BROMWELL, L. G.; SOMOGYI, F. Design Capacity of Slurried Mineral Waste Ponds, **Journal of the Geotechnical Engineering Division**, Nova Iorque, ASCE, v.109, n.GT5, p. 699-716. 1983.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade do solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. no Estado de São Paulo**. 2005. 79p. Dissertação (Mestrado em) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP.

CARVALHO, R. M. Recomendação de controle ambiental na exploração de jazidas de laterita no Planalto Central. IIIº Encontro Ibero-Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes. **Resumos CD-Room**. 10p.1998.

CIPRIANI, H. N.; DIAS, L. E.; LOPES, M. A.; MOREIRA, M. A.; ASSIS, I. R. de. Alterações químicas e físicas de pilhas de topsoil de diferentes dimensões ao logo de 11 meses de armazenamento. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA A CÉU ABERTO, VI CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA SUBTERRÂNEA WORKSHOP, FECHAMENTO DE MINA, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Ano V - nº 36, 2010.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. de S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FANQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E. & CARVALHO, J. G. (eds.) **Inter-Relação Fertilidade, Biologia do solo e Nutrição de Plantas**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p. 487-508, 1999.

COOK, J. A.; JOHNSON, M. S. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. **Environmental Reviews**, Canadá, v.10, n.1, p.41-71. 2002.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado**: Manual para revegetação. Brasília: Universa, 1ª ed. 186p. 2006.

CORRÊA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado**: Manual para revegetação. Brasília: Universa, 2ª ed. revisão ampliada. 174p. 2009.

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

DALE, V.H; BEYELER, S.C. Changes in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, Alemanha, p.3-10, 2001.

DEDECEK, R. A. Manejo e preparo do solo. In: **Curso de recuperação de áreas degradadas**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná; FUPPEF; APEF, v.1, 300p. 1993.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p. 955-990. 2007.

DICKIE, J. B.; GAJJAR, K. H.; BIRCH, P.; HARRIS, J. A. The survival of viable seeds in stored topsoil from opencast coal workings and its implications for site restoration. **Biological Conservation**, Boston, v.43, p. 257-265, 1988.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COEMAN, D. C.; BEZDICEK, F.; STEWART, B. A. eds. Defining soil quality for sustainable environment. **Soil Science Society of America**, Madison. (SSSA Special Publication, 35), p.3-21, 1994.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, Estados Unidos, v.56, p. 2-54, 1996.

EIJSACKER, H. Soil quality assessment in an international perspective: generic and land-use based quality standards. **Ambio**, Rio de Janeiro, v.27, n.1, p.70-77, 1998.

EITEN, G. Brazilian 'savannas'. In: HUNTLEY, B. J; WALKER, B. H. (eds.). **Ecology of tropical savannas**. Springer-Verlag, Berlin. p. 25-48, 1982.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, p.3-17, 2003.

ESPINDOLA, M. B.; BECHARA, F. C.; MAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, Florianópolis, v.18, n.1, p.27-38, 2004.

FEAM, **Certificado de Licenciamento Ambiental** – Licença de instalação nº 042 – Unidade de Comunicação/ Classificação Fábrica Nova. 2001.

FIZON, J.T.; MARCHIORO, N.P.X.; CABRAL, D.C.; CAMELY, N.; CANAVESI, V.; CASTELLA, P.R.; CASTRO, E.B.V.; JUNIOR, L.C. Causas da fragmentação: causas antrópicas. In: RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (orgs). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, p.66-99, 2005.

FONSECA, C. E. L; RIBEIRO, J. F.; SOUZA, C. C.; REZENDE, R. P.; BALBINO, V. K. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.815-870, 2001.

FONTES, M. P. F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. **Revista Cetesb de Tecnologia Ambiental**, São Paulo. v.5, n.1, p.58-61, 1991.

GAFF, D. F. Desiccation tolerant plants in South America. **Oecologia**, Alemanha, v.74, n.1, p.133-136. 1987.

GARDNER, J. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental. **Unasyuva**, Roma, v.52, n.207, p. 3-8, 2001.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. In: M. A. LACK, V. T. PARKER AND R. L. SIMPSON (Eds.) **Ecology of soil seed banks**. Academic Press, San Diego, California, p.149-209, 1989.

GEISER, R. R.; OLIVEIRA, M. C. de.; PEVIANI, M. Revestimento Vegetal - Beleza e Segurança. **Revista Bases**, São Paulo, v.30, n.1, p.24-27, 1977.

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

GHOSE, M. K. Promoting cleaner production in Indian small-scale mining industry. **Journal of Cleaner Production**, Estados Unidos, v.11, p.167-174, 2003.

GHOSE, M. K.; BANERJEE, S. K. Physico-chemical characteristics of the air borne dust emitted by coal washeries. **Energy Environment Monitor**, Massachusetts, v.13, n.1, p.11-16, 1997.

GHOSE, M.K. Restoration and revegetation strategies for degraded mine land for sustainable mine closure. **Land Contamination and Reclamation**, Londres, v.12, n.1, p.363-378, 2004.

GIULIETTI, A. M. et al. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Boletim de Botânica** da Universidade de São Paulo, São Paulo, v.9, p.1-151, 1987.

GONÇALVES, J. L. M.; Jr. NOGUEIRA, L. R.; DUCATTI, F. **Recuperação de solos degradados**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF, Botucatu-SP, 340 p. 2003.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Canadá, n.74, p.367-385 1994.

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

HALL, S. L.; BARTON, C. D.; BASKIN, C. C. Topsoil Seed Bank of an Oak–Hickory Forest in Eastern Kentucky as a Restoration Tool on Surface Mines. **Restoration Ecology**, Washington, v.18, n.6, p.834-842, 2010.

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**, Estados Unidos, n.46. p.15-21, 2004.

HAYNES, R. J. Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs. **Journal of Environmental Management**, Austrália, v.90, p. 43-53. 2009.

HÜTTL, R.F; SCHNEIDER, B.U. Forest ecosystem degradation and rehabilitation. **Ecological Engineering**, Florida, p.19-31, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - IBRAM. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: IBRAM, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - IBRAM. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: IBRAM, 1992.

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

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. The Contribution of Ironstone Outcrops to Plant Diversity in the Iron Quadrangle, a Threatened Brazilian Landscape. **Ambio**, Rio de Janeiro, v.37, n.4, p.324-326, 2008.

JACOBI, C. M; CARMO, F. F; VINCENT, R. C; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops – a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, Holanda,, v.16, n.7, p.2185-2200, 2007.

JAKOVAC, A. C. C. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. 2007. 152 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p.249-269, 2004.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS,R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal, local**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D. A framework for evaluating physical and chemical indicators. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, Cap.4, p.53-72, 1994.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x meio Ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

KUNDU, N. K.; GHOSE, M. K. Shelf life of stock-piled topsoil of an opencast coal mine. **Environmental Conservation**, Cambridge, v.24, p.24-30, 1997.

LOURENÇO, J. S. **Regeneração natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 151p. 1991.

MANOLIADIS, O. G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, Alemanha, v.2, p.169-176, 2002.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. 2.ed. Viçosa: CPT, 255p. 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 143p. 2001.

MARTINS, S. V.; BUSATO, L. C.; CALEGARI, L.; RIBEIRO, T. M. A contribuição da ecologia florestal no desenvolvimento de modelos e técnicas de restauração florestal de áreas degradadas. **Ação Ambiental**, Viçosa, n.36, p.10-13, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 626p. 2002.

MOREIRA, P. R. **Manejo de solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Piracicaba - SP.

NASCIMENTO, A. R. **Recuperação ambiental de áreas mineradas no Brasil – Ocorrência de planejamento a longo prazo**. 2001. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

NAVE, A. G. **Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na Fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP**. 2005. 219p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP.

NEAGOE, A.; EBENÅ, G.; CARLSSON, E. The effect of soil amendments on plant performance in an area affected by acid mine drainage. **Chemie der Erde**, Alemanha, v.65, p.115-129. 2005.

OZÓRIO, T. F. **Potencial do uso da serapilheira em áreas degradadas pela mineração de ferro, Mariana - MG**. 2000. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

PEDERSON, R. L.; VALK, G. V. D. Seed Banks and the Management and Restoration of Natural Vegetation. In: LECK, M.^a; PARKER, J. T.; SIMPSON, R. L. (ed.). **Ecology Soil Seed Banks**, San Diego, Academic Press. p.329-346, 1989.

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

PINHEIRO, C. Q. **Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos**. 2008. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília-DF.

PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais. **Acta botânica brasileira**, Feira de Santana, v.3, n.1, p.13-21, 1989.

RAMOS, V.S.; DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F.; RODRIGUES, R.R. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 320p. 2008.

REIS, A., ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 42p.1999.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPINDOLA, M. B.; VIERA, N. K.; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. In: **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.1, n.1, p.28-36, 2003.

REIS, A.; ESPINDOLA, M. B.; VIERA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.1, n.1, p.28-36, 2003.

REZENDE, L. A. L. **Reabilitação de campos ferruginosos degradados pela atividade minerária no quadrilátero ferrífero**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

RIVES, C. S.; BAJWA, M. I.; LIBERTA, A. E.; MILLER, R. M. Effects of topsoil storage during surface mining on the viability of VA mycorrhiza. **Soil Science**, Canadá, v.129, n.5, p. 253-257. 1980.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2.ed. 374p. 1997.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.65-73, 2010.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 3.ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, p.235-248, 2000.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. E.; MELO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa, MG: Universidade de Federal de Viçosa, p.203-215, 1998.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. **Programa de adequação ambiental das áreas agrícolas da Usina Jardest SA – Açúcar e Álcool**, Jardinópolis, SP. Relatório técnico. Piracicaba: ESALQ, 2004.

ROSIÈRE, C. A; CHEMALE, F. Brazilian iron formations and their geological setting. **Revista Brasileira de Geociências**, Paraná, v.30, n.1, p.274-278, 2000.

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

SANTANA, D. F.; BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, Montpellier, França. **Proceedings...**, Montpellier: ISSS, 1998.

SANTOS JÚNIOR, N. **Estabelecimento inicial de espécies florestais nativas em sistema de semeadura direta**. 2000. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

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

SANTOS, L. M. **Restauração de campos ferruginosos mediante resgate de flora e uso de topsoil no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2010. 128p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.

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**. 1996. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

SCHOENHOLTZ, S. H., MIEGROET, H., BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Colorado, v.138, p. 335-356, 2000.

SILVA, H. V. Propostas para avaliar o impacto ambiental em mineração: primeira tentativa. **Revista Ambiente**, Munich, v.2, n.2, p. 88-90, 1988.

SILVA, L. C. R.; QUEIROZ, V. L.; MELLO FILHO, B.; CORRÊA, R. S. Avaliação da sucessão secundária após a revegetação de uma área minerada no Cerrado. In: 8º Congresso Florestal Brasileiro. **Pôsteres**. São Paulo, 2003.

SILVA, S. R.; PROCOPIO, S. O.; QUEIROZ, T. F. N.; DIAS, L. E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.28, p.189-196, 2004.

SILVA, V. F.; VENTURINI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACEDO, R. L. G.; CARVALHO, W. A. C.; BERG, E. V. Caracterização estrutural de um fragmento de floresta semidecídua no município de Ibiturana, MG. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.92-106, 2003.

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

SOUZA, M. A. A. O mundo do cidadão - um cidadão do mundo. São Paulo: **Hucitec**, p.198-206, 1996.

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

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, São Paulo, v.114, n.3/4, p. 143-144, 2003.

TEIXEIRA, W. A.; LEMOS FILHO, J. P. Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.3, p.381-387, 1998.

TOY, T. J.; GRIFFITH, J. J.; RIBEIRO, C. A. A. Planejamento a longo prazo da revegetação para o fechamento de minas a céu aberto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.4, p.487-499, 2001.

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

TYSON, W. The native regrowth method for steep slopes. **Landscape Architecture**, Louisville, Kentucky. p.57-61, 1979.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, Estados Unidos, v.9, n.1/3, p.429-437, 1998.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 123p.1991.

VIANA, J. S. V.; GONÇALVES, E. P.; ANDRADE, L. A. de; OLIVEIRA, L. S. B. de; SILVA, E. O. Crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. em diferentes tamanhos de recipientes. **Floresta**, Paraná, v.38, n.4, p.663-671, 2008.

VIANI, R. A. G. **O uso da regeneração natural (Floresta Estacional Semidecidual e talhões de *Eucalyptus*) como estratégia de produção de mudas e resgate da diversidade vegetal na restauração florestal**. 2005. 188 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia da UNICAMP, Campinas - SP.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.4, p.541-554, 2006.

WELLING, C. H.; PEDERSON, R. L.; VALK, A. G. Recruitment from the seed bank and the development of emergent zonation during a drawdown in a prairie wetland. **Journal of Ecology**, Oxford, v.76, n.2, p.487-496, 1988.

WICK, A. F.; STAHL, P. D.; INGRAM, L. J.; VICKLUND, L. Soil aggregation and organic carbon in short-term stockpiles. **Soil Use and Management**, Inglaterra, v.25, n.3, p.311-319, 2009.

ZHANG, Z. Q., SHU, W. S., LAN, C. Y., WONG, M. H. Soil seed bank as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. **Restoration Ecology**, Washington, v.9, n.4, p.378-384, 2001.

CAPÍTULO 2

UTILIZAÇÃO DE *TOPSOIL* DE CANGA FERRUGINOSA NA COBERTURA DO SOLO DE UMA PILHA DE ESTÉRIL

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a regeneração natural e a cobertura do solo de uma pilha de estéril no período seco e chuvoso a partir da deposição a lanço de *topsoil* proveniente de campo rupestre ferruginoso em Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, foram instaladas, sistematicamente, 26 parcelas e uma parcela controle de 1m². Para caracterizar os atributos físicos e químicos dos substratos com e sem *topsoil*, coletaram-se cinco amostras simples para compor uma composta na profundidade de 0-10cm. Para identificação florística, foram realizados dois inventários: o primeiro, em julho de 2012 (início da estação seca) e o segundo em novembro de 2012 (início da estação chuvosa). A cobertura do solo foi estimada, visualmente, por meio da porcentagem de cobertura viva, serrapilheira e solo exposto. No levantamento florístico, foram registrados 675 indivíduos, sendo 201 contabilizados na primeira amostragem (estação seca) e 474 na segunda amostragem (estação chuvosa). Nas duas amostragens, foram identificadas 24 espécies pertencentes a 11 famílias e um grupo de indeterminadas com quatro espécies na primeira amostragem e seis espécies na segunda. As famílias com maior número de espécies em relação ao total foram *Asteraceae* com 26,92% e *Melastomataceae* com 15,38%. No entanto, as famílias que apresentaram maior o número de indivíduos foram *Poaceae* e *Verbenaceae* na estação seca com 33,33% e 28,85 %, respectivamente, e na estação chuvosa a *Poaceae*, *Portulacaceae* e *Verbenaceae* com 93,03%, 68,16% e 35,82%, respectivamente. Dentre os hábitos encontrados, as herbáceas se destacaram com 65,63% do total de indivíduos amostrados, seguidas pelas arbustivas 6,22%, subarbustivas 5,48% e arbóreas 1,18%. Em relação à cobertura do solo, foi observada mudança nos valores médios de cobertura viva, serrapilheira e solo exposto da primeira amostragem para a segunda. A cobertura viva aumentou 53%, a serrapilheira e o solo exposto diminuíram 13% e 11%, respectivamente. Apesar da fina camada de *topsoil* utilizada, houve uma cobertura do solo com considerável riqueza de espécies e densidade de indivíduos. O substrato da pilha de estéril não possui condições favoráveis para o estabelecimento de vegetação, uma vez que a parcela controle (sem *topsoil*) apresentou nas duas amostragens 100% de solo exposto.

Palavras-chave: campo rupestre ferruginoso, mineração, camada superficial.

ABSTRACT

With the objective assess the natural regeneration and soil cover of a waste dump in the dry and rainy from the deposition haul topsoil from rupestrian ferruginous in Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais were installed systematically 26 plots of 1m². And in order to determine the influence of topsoil in physical and chemical properties of the substrate samples were collected with and without topsoil to conduct routine tests. Were the first two surveys in July 2012 (beginning of the dry season) and the second in November 2012 (beginning of the rainy season). For both substrates (with and without topsoil) the texture was ranked as average. For all chemical attributes observed an increase in the values that gave a positive change in the fertility of topsoil samples where the exchangeable acidity (Al) went from very low to middle class, the potential acidity (H + Al) in good to very good, base saturation (T) of medium to good, aluminum saturation (m) from low to medium and organic matter (MO) from low to average. In relation to land cover change was observed in mean living mulch, leaf litter and exposed soil sampling of the first to the second. The cover one living increased approximately 53% above the litter and soil decreased approximately 13 and 11%, respectively. In floristic survey were recorded a total 675, 201 individuals being recorded in the first sampling (dry season) and 474 in the second sampling (rainy season). In both samples were identified 24 species belonging to 11 families and a group of four indeterminate species in the first sample and the second six species. The families with the highest number of species in the total were Asteraceae with 26.92% and Melastomataceae with 15.38%. However, families who had the greatest number of individuals were Poaceae and Verbenaceae in the dry season with 33.33% and 28.85%, respectively, in the rainy season Poaceae and Verbenaceae and Portulacaceae with 93.03%, 68.16% and 35.82% respectively. Among the herbaceous habits found stood out with 65.63% of the total individuals sampled shrub followed by 6.22%, 5.48% subshrubs and woody 1.18%. Despite the thin layer of topsoil was used protection soil with considerable species richness and density. The sterile substrate stack does not have favorable conditions for the establishment of vegetation once the control portion (not topsoil) in both samples showed a 100% ground exposed.

Keywords: rocky field ferruginous, mining, surface layer.

1 - INTRODUÇÃO

Os campos rupestres constituem uma fisionomia vegetacional que ocorrem nas cotas altas da Cadeia do Espinhaço, nos estados de Minas Gerais e Bahia, em algumas serras de Goiás (ARRUDA *et al.*, 2010) e em grandes reservas de minério de ferro no estado do Pará (VIANA e LOMBARDI, 2007; JACOBI e CARMO, 2008). Localiza-se, geralmente, em altitudes superiores a 900 metros, sendo considerado centro de endemismo, além de ser reconhecido por uma alta diversidade vegetal (ALVES e KOLBEK, 1994; GIULIETTI *et al.*, 1997). São constituídos por um estrato herbáceo, às vezes, contínuo, entremeado por pequenos arbustos perenifólios e esclerófilos. Apesar dessa caracterização, não constituem um tipo vegetacional homogêneo, e sim um mosaico de comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato (GIULIETTI *et al.*, 2000).

Podem estar associados a diversas litologias, mas ocorrem, principalmente, nas formações quartzíticas e ferríferas (JACOBI *et al.*, 2007). Os campos rupestres ferruginosos, conhecidos como vegetação de canga e com distribuição em áreas restritas associadas a importantes depósitos de minério de ferro, estão entre os ecossistemas mais ameaçados e menos estudados de Minas Gerais (JACOBI *et al.*, 2007; JACOBI e CARMO, 2008a), por abrigar espécies vegetais com potencial medicinal como a “arnica” (*Lychnophora pinaster* Mart.), ornamental como as bromélias e orquídeas e plantas tolerantes a altas concentrações de metais pesados no substrato (PORTO e SILVA, 1989; RIZZINI, 1997; TEIXEIRA e LEMOS FILHO, 1998), conhecidas como metalófilas.

A heterogeneidade topográfica das cangas é resultado de uma evolução geomorfológica muito peculiar (ROSIÈRE e CHEMALE, 2000), e reflete uma variedade de ambientes, tendo sido identificados, recentemente, oito habitats associados aos afloramentos, cada um com predominância de diferentes comunidades de plantas (JACOBI *et al.*, 2007). A canga fornece, assim, condições ecológicas diferentes que constituem um refúgio para espécies adaptadas a condições xéricas, como a cactácea *Arthrocerus glaziovii* N.P. Taylor & D.C. Zappi; e a condições métricas, como *Staurogyne minarum* Kuntze (*Acanthaceae*) e *Juncus sp.* (*Juncaceae*). De tal forma que as plantas de campo rupestre ferruginoso apresentam adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas típicas de afloramentos rochosos *lato sensu* (GAFF, 1987; GIULIETTI *et al.*, 1987).

Desta forma, a vegetação sobre canga ferruginosa possui grande importância biológica, sendo considerada área prioritária para conservação da biodiversidade no estado de Minas Gerais (DRUMMOND *et al.*, 2005). Tem sido classificada como Campo Rupestre

sobre Canga (VIANA e LOMBARDI 2007), Campos Ferruginosos (VINCENT *et al.*, 2002; VINCENT, 2004) ou Vegetação sobre Canga (SECCO e MESQUITA, 1983; SILVA, 1991).

Entretanto, a falta de conhecimento sobre a dinâmica desse ecossistema e do potencial da vegetação nativa para o uso sustentável e recuperação de áreas degradadas por mineração negligencia essas comunidades e a sua importância ambiental (GINOCCHIO e BAKER, 2004). Grandes extensões deste ecossistema já foram completamente eliminadas por atividades mineradoras e quase todos os remanescentes pertencem a empresas de mineração ou são áreas fortemente afetadas pela expansão imobiliária (JACOBI *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2008; MENINI-NETO *et al.*, 2009).

Os campos ferruginosos, por não possuírem legislação específica para sua conservação e utilização, sofrem com a incipiência dos programas voltados para sua reabilitação (MEIRELLES *et al.*, 1999). E por esse motivo, uma lacuna é gerada tanto a respeito do manejo dos solos típicos desta formação quanto à inexistência de práticas culturais mais adequadas (REZENDE, 2010). E como os solos sobre as formações ferríferas, geralmente, são rasos, ácidos, de baixa fertilidade, com baixa capacidade de retenção de água e com alta concentração de ferro oxidado (SCHAEFER *et al.*, 2008).

Nesse aspecto, a utilização do *topsoil*, que é o material proveniente do decapeamento da camada superficial do solo a ser minerado, por conter uma mistura de crosta ferruginosa, banco de sementes, micro, meso e macro fauna (SANTOS, 2010), torna-se um mecanismo importante que permite e favorece a regeneração natural (REZENDE, 2010), além de ser um complemento ou, até mesmo, um substituto das práticas de correção de solo (COOKE e JOHNSON, 2002; NEAGOE *et al.*, 2005; ALMEIDA, 2006; HAYNES, 2009), visto que áreas mineradas e pilhas de rejeito ou estéril, normalmente, apresentam severas limitações químicas e físicas para o estabelecimento das plantas (SILVA *et al.*, 2004; DIAS *et al.*, 2007).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar regeneração natural e a cobertura do solo de uma pilha de estéril no período seco e chuvoso a partir da deposição a lanço de *topsoil* proveniente de campo rupestre ferruginoso em Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização da área

A área do estudo pertence à empresa de mineração *Anglo American Ferrous*, com sede no município de Conceição do Mato Dentro (MG), situado na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional. A área experimental situa-se nas coordenadas $18^{\circ}53'09,6''\text{S}$ e $43^{\circ}25'01,2''\text{W}$ (Figura 1), com altitude média de 701 metros. O clima da região é classificado como subtropical úmido, Cwa na classificação de Köppen, apresenta temperatura média anual de 20°C e precipitação média anual de 1.727,7 mm.

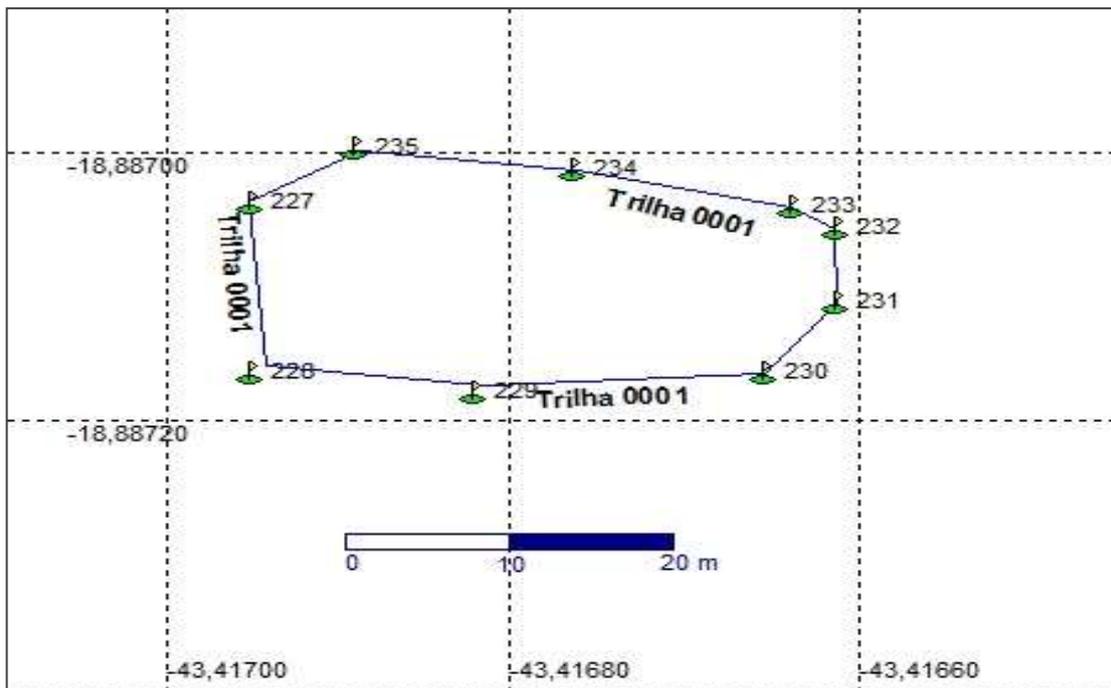


Figura 1: Perímetro da área experimental inserida na pilha de estéril de canga ferruginosa em Conceição do Mato Dentro, MG.

O experimento foi instalado sobre uma pilha de estéril de canga ferruginosa, a qual foi depositada na área em agosto de 2010. E em dezembro do mesmo ano foi realizado o plantio de indivíduos de *Vellozia squamata*, popularmente conhecida como canela-de-ema, oriundos do resgate de flora em áreas adjacentes que estavam destinadas à supressão. Esse plantio não seguiu nenhuma padronização, pois foi realizado pela empresa a fim de propagar a espécie nas áreas em recuperação.

Em janeiro de 2011, foi realizada, nesta área, a aplicação do *topsoil* oriundo das áreas de campo rupestre ferruginoso, em que houve supressão da vegetação para instalação da empresa. Esta aplicação foi realizada a lanço e em pequena quantidade devido ao fato de esta fisionomia apresentar um solo raso, logo, uma camada superficial pouco espessa. A camada de *topsoil* considerada neste estudo apresenta, aproximadamente, 0,5 cm de espessura.

A área experimental ocupou 384 m², ou seja, 0,0384 ha, em que foram instaladas, sistematicamente, 26 parcelas de 1m², distantes entre si, três metros, e uma parcela controle em uma área adjacente em que não houve deposição de *topsoil*.

2.2 - Caracterização das variáveis edáficas

A fim de se conhecer os atributos físicos e químicos dos substratos da pilha de estéril com e sem *topsoil*, coletaram-se cinco amostras simples na profundidade de 0-10cm que foram homogeneizadas para compor uma amostra composta para cada ambiente que foi encaminhada ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Para a realização das análises, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2mm.

Na análise granulométrica, determinaram-se as porcentagens de areia, argila e silte, segundo EMBRAPA (1997). As análises químicas seguiram o protocolo de SILVA (2008) determinando pH em água; os teores de P, K disponíveis no solo; Ca, Mg, e Al trocáveis; acidez potencial H + Al; soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e teores de matéria orgânica MO (Quadro 1).

Quadro 1: Análise granulométrica e química das amostras de substratos de uma pilha de estéril com e sem deposição de *topsoil* em Conceição do Mato Dentro, MG

Textura	Substrato	
	Sem <i>topsoil</i>	Com <i>topsoil</i>
Areia (%)	47	49
Argila (%)	27	16
Silte (%)	26	35
Atributos químicos		
pH	5,20	5,50
P (mg/dm ³)	1,95	1,91
K (mg/dm ³)	5,06	5,82
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,2	0,80
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,1	0,40
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,1	0,64
H+Al (cmol _c /dm ³)	5,2	10,20
SB (cmol _c /dm ³)	0,31	1,35
t (cmol _c /dm ³)	0,41	1,99
T (cmol _c /dm ³)	5,51	11,55
V (%)	6,00	12,00
m (%)	24,00	32,00
MO (dag.kg ⁻¹)	1,10	3,70

A análise de textura do substrato com e sem *topsoil* mostrou que ambos apresentam textura média, ou seja, os teores de argila estão abaixo de 35%. Já a análise química mostrou um aumento nos valores dos atributos do substrato com presença de *topsoil* que o classifica

em relação ao pH como bom para o estabelecimento de espécies, no entanto, em relação aos outros atributos de acidez (Al, H+Al, T, m), esse aumento não foi tão favorável, pois tornou o substrato mais ácido (ALVAREZ V. *et al.*, 1999).

A umidade do solo e a resistência à penetração foram coletadas no centro de cada parcela, durante a segunda amostragem (início da estação chuvosa) com o auxílio do Medidor de umidade do solo (*modelo HH2, marca Marconi*) e do Penetrógrafo mecânico semi-automático (*modelo Penetrographer SC-60, SoilControl*) que expressa valores em kg/cm². A resistência mecânica à penetração (Rp) é uma variável que indica o grau de compactação de uma área ao longo do perfil do solo, sendo expressa em MPa (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Foram estabelecidos três valores de resistência: resistência máxima, a resistência máxima a 5cm e a 10cm de profundidade (Figura 2).



Figura 2: Equipamentos utilizados nas medições de umidade (A) e resistência à penetração (B) em cada parcela alocada na área experimental da pilha de estéril de canga ferruginosa em Conceição do Mato Dentro, MG.

2.3 - Análise da cobertura do solo e da vegetação

2.3.1 - Cobertura do solo

Para avaliar a cobertura do solo foi feita uma estimativa visual da porcentagem de cobertura total proporcionada pela vegetação estabelecida de cada uma das 26 parcelas, segundo a metodologia de Braun-Blanquet (1979). Sendo essa cobertura diferenciada em três categorias: cobertura viva (porção de vegetação viva), serrapilheira (porção de vegetação morta) e solo exposto (porção desprovida de vegetação viva ou morta).

Foram realizadas duas amostragens durante o ano, uma no mês de julho (início da estação seca) e outra no mês de novembro (início da estação chuvosa), quando foram contabilizados e identificados todos os indivíduos presentes no interior das parcelas (Figura 3).

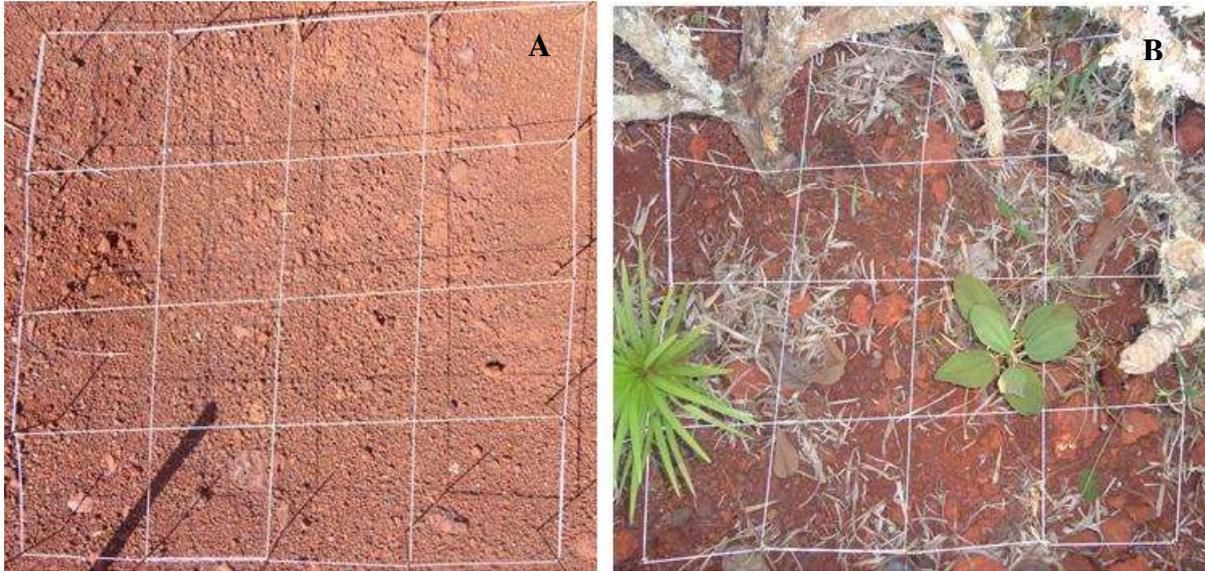


Figura 3: Fotografia das parcelas, (A) sem *topsoil* e (B) com *topsoil*, alocadas na área experimental da pilha de estéril de canga ferruginosa em Conceição do Mato Dentro, MG.

2.3.2 - Florística e fitossociologia da comunidade regenerante

A fim de se conhecer a dinâmica temporal das espécies colonizadoras da pilha de estéril de canga ferruginosa, foram realizados levantamentos florísticos e fitossociológicos em dois períodos do ano (início da estação seca e chuvosa).

Para isso, em todas as 26 parcelas, foi realizada a identificação das espécies diretamente no campo, quando possível, e quando esta identificação não foi possível “*in situ*”, a mesma foi realizada com o auxílio de literatura e registro fotográfico. As espécies e famílias foram classificadas de acordo com *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009). Para as espécies identificadas, foi feita a classificação de origem, hábito e síndrome de dispersão. A verificação da grafia e das sinônimas nomenclaturais foi feita nos bancos de informações dos sites *Missouri Botanic Garden - MOBOT* e *The Internacional Plant Names Index - IPNI*.

Para avaliar a composição da estrutura vegetal herbácea, arbustiva e arbórea da área em estudo foi realizada a contagem de todos os indivíduos vivos das espécies presentes no interior das parcelas amostradas. Com esses dados, pode-se determinar a frequência e a densidade, absoluta e relativa, bem como, o índice de diversidade de Shannon (H') (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG 1974; MAGURRAN, 2004). Para verificar o índice de regeneração das espécies, utilizou-se a fórmula proposta por Volpato (1994):

$RN = (DR + FR)/2$, em que RN é a porcentagem de regeneração natural; DR é a densidade relativa das espécies; e FR a frequência relativa.

2.4 - Relações da vegetação com o substrato

Com objetivo de analisar as possíveis correlações entre as variáveis ambientais avaliadas e as espécies amostradas na área de estudo, foi realizada análise de correspondência canônica (CCA). Esta foi escolhida por ser uma análise que possibilita a ordenação direta de gradientes sendo o resultado dessa ordenação o produto da variabilidade dos dados ambientais com a variabilidade dos dados florísticos (KENT e COKER, 1992; TER BAKK, 1995; RODRIGUES et al., 2003). Para isso, foram elaboradas matrizes, uma principal, contendo a presença e a ausência de todas as espécies nas parcelas amostradas, e a outra, secundária, contendo as variáveis ambientais que se tratavam dos dados de cobertura do solo, resistência à penetração e o número de indivíduos de Canela-de-Ema.

Para avaliar as variações nas relações florísticas entre os períodos de amostragem, foi realizada análise de correspondência retificada (DCA). Esta análise permite ordenar as parcelas de amostragem da vegetação de acordo com a similaridade florística entre elas.

Os dados referentes à presença e ausência de espécies nas parcelas, a matriz principal, das duas análises (CCA e DCA), foram logaritmizados devido ao excesso de contagem nula, ou seja, números zeros. Todas as análises foram processadas no programa PC-ORD versão 6.0 (MCCUNE e MEFFORD, 2011).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Cobertura do solo

De acordo com os dados de cobertura dos substratos coletados nos dois períodos de amostragem (estação seca e chuvosa), foi observada mudança nos valores médios de cobertura viva, serrapilheira e solo exposto. Para cobertura viva, foi observado aumento de 58%, já para a serrapilheira e para solo exposto, o que houve foi um decréscimo de 12%. Enquanto que, na parcela controle, não houve mudança e o solo continuou 100% exposto, mostrando, assim, que o *topsoil* exerceu um papel fundamental na proteção e cobertura do substrato (Figura 4).

Por outro lado, percebe-se que, com a mudança estacional, houve uma melhora nas condições do local, ocasionando o surgimento de novas espécies ou novos indivíduos de espécies já identificadas na primeira amostragem, diminuindo, assim, a média da porcentagem de solo exposto e aumentando a de cobertura viva.

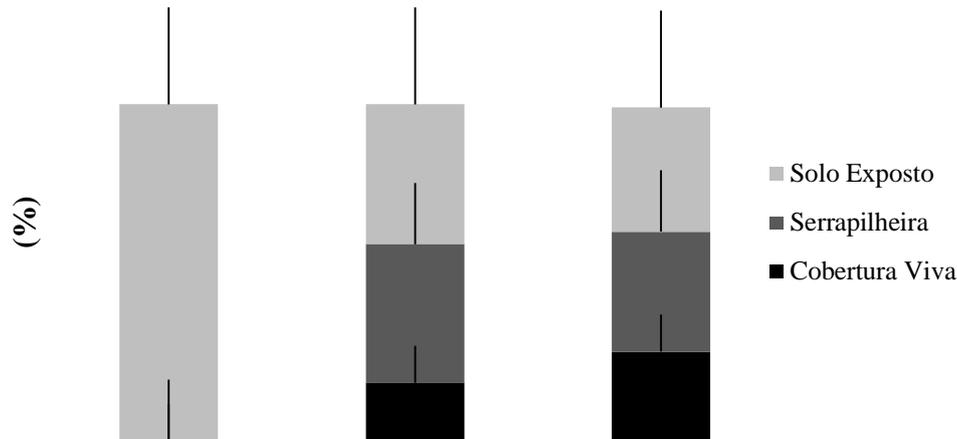


Figura 4: Percentual médio de cobertura do solo na área experimental da pilha de estéril de canga ferruginosa no início da estação seca (Julho de 2012) e chuvosa (Novembro de 2012) no município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Esse aumento nos valores de cobertura viva proporciona grande estabilidade aos substratos e à paisagem, exerce melhoria da estrutura, aumento do teor de matéria orgânica e permite a aceleração do processo sucessional (CORRÊA, 2004).

Já em relação à diminuição da porcentagem de serrapilheira, a explicação está na renovação da folhagem das espécies, que é favorecida pelo período chuvoso, uma vez que ocorre maior suprimento hídrico nessa estação, as folhas novas realizam fotossíntese ativamente, produzem e acumulam reservas nutritivas para suprir o estresse causado na estação seca (SOUTO, 2006). Nesse momento, a serrapilheira que, na estação seca, protegia o substrato das altas temperaturas, agora, com as chuvas, passa a fornecer nutrientes por meio da sua decomposição.

3.2 - Composição florística e fitossociologia

Os resultados obtidos no levantamento florístico registraram, no total, 675 indivíduos sendo 201 contabilizados na primeira amostragem (estação seca) e 474 na segunda amostragem (estação chuvosa). Nas duas amostragens, foram identificadas 24 espécies pertencentes a 11 famílias e um grupo de indeterminadas com quatro espécies na primeira amostragem e seis espécies na segunda. Entretanto, as espécies *Conoclinium macrocephalum* (Less.) DC., e *Sida rhombifolia* L. foram registradas somente na primeira amostragem, as espécies *Cyperus sp.*, *Sida sp.*, *morfoespécie 4* e *5* não foram registradas na primeira

amostragem, mas foram registradas na segunda (Quadro 2), o que indica mudança na composição florística da área ao longo do tempo avaliado.

Quadro 2: Relação das espécies, em ordem alfabética de famílias amostradas, nos dois períodos avaliados nas 26 parcelas instaladas numa pilha de estéril em Conceição do Mato Dentro, MG

FAMÍLIAS	ESPÉCIES	ORI	HÁB	SD	OCORRÊNCIA	
					ES	EC
Asteraceae	<i>Acantospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze	N	H	Zoo	Sim	Sim
	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	N	H	Ane	Sim	Sim
	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	N	Ar	Ane	Sim	Sim
	<i>Conoclinium macrocephalum</i> (Less.) DC.	N	SAr	Ane	Sim	Não
	<i>Eremanthus erythropappus</i>	N	A	Ane	Sim	Sim
	<i>Vernonia scorpioides</i>	N	Ar	Ane	Sim	Sim
	<i>Vernonia polysphaera</i> Baker	N	Ar	Ane	Sim	Sim
Cecropiaceae	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	N	A	Zoo	Sim	Sim
Ciperaceae	<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B. Clarke	N	H	Aut	Sim	Sim
	<i>Cyperus</i> sp.	N	H	Aut	Não	Sim
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpúrea</i> (L.) Roth	E	H	Aut	Sim	Sim
	<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Halier f.	E	H	Aut	Sim	Sim
Euphorbiaceae	<i>Croton urucuana</i> Baill.	N	A	Aut	Sim	Sim
Fabaceae	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	N	H	Aut	Sim	Sim
	<i>Senna reniformis</i> (G. Don) H.S.	N	Ar	Aut	Sim	Sim
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	E	SAr	Aut	Sim	Não
	<i>Sida</i> sp.	E	SAr	Aut	Não	Sim
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp1	N	Ar	Zoo	Sim	Sim
	<i>Miconia</i> sp2	N	Ar	Zoo	Sim	Sim
	<i>Tibouchina candolleana</i>	N	A	Ane	Sim	Sim
	<i>Tibouchina heteromalla</i> (D.Don) Cogn.	N	Ar	Ane	Sim	Sim
Poaceae	<i>Chloris radiata</i> L.	E	H	Aut	Sim	Sim
	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	E	H	Aut	Sim	Sim
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	N	H	Aut	Sim	Sim
Verbenaceae	<i>Lippia Alba</i> (Mill.) N.E. Br.	N	H	Zoo	Sim	Sim
	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	N	SAr	Aut	Sim	Sim
Indeterminada	<i>Morfoespécie 1</i>	-	-	-	Sim	Sim
	<i>Morfoespécie 2</i>	-	-	-	Sim	Sim
	<i>Morfoespécie 3</i>	-	-	-	Sim	Sim
	<i>Morfoespécie 4</i>	-	-	-	Não	Sim
	<i>Morfoespécie 5</i>	-	-	-	Não	Sim
	<i>Morfoespécie 6</i>	-	-	-	Sim	Sim

Em que: ORI = origem; HÁB = hábito; SD = síndrome de dispersão; ES = estação seca; EC = estação chuvosa; N = nativa; E = exótica; H = herbácea; SAr = subarbustiva; AR = arbustiva; A = arbórea; Ane = anemocórica; Zoo = zoocórica e Aut = autocórica.

Essa mudança, na riqueza de espécies entre as amostragens, demonstra que a variação da composição florística em comunidades rupestres são observadas ao longo dos anos, assim como em um mesmo ano (DUNNETT *et al.*, 1998; ANDERSON e INOUE, 2001; REIS *et al.*, 2006; CIANCIARUSO e BATALHA, 2008; MUNHOZ e FELFILI, 2006; MUNHOZ e FELFILI, 2008). Sendo essas alterações decorrentes das características específicas das espécies, as quais podem ser influenciadas por fatores climáticos (GUO *et al.*, 2002; MATESANZ *et al.*, 2009).

As famílias com maior número de espécies em relação ao total foram *Asteraceae* com 26,92% e *Melastomataceae* com 15,38%, das espécies amostradas (Figura 5).



Número de espécies

Figura 5: Comparação entre a riqueza de espécies de cada família encontrada na área experimental da pilha de estéril de canga ferruginosa nas duas amostragens (estação seca e chuvosa) em uma pilha de estéril no município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Outros levantamentos florísticos em áreas de campo rupestre ferruginoso (GIULIETTI *et al.*, 1987; BRANDAO e GAVILANES, 1990; HARLEY, 1995; GUEDES e ORGE, 1998; MOURAO e STEHMANN, 2007; LEMES, 2009; ATAÍDE *et al.*, 2011) também destacaram a família *Asteraceae* como a mais rica em espécie, sendo considerada uma família com ampla variação em suas características desde o hábito herbáceo ao arbóreo, e, às vezes, trepadeira (HATTORI e NAKAJIMA, 2008). Fato comprovado nesse estudo em que foram registradas espécies com hábito herbáceo como *Ageratum conyzoides* L., arbustivo *Baccharis dracunculifolia* DC e arbóreo *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish.

As espécies da família *Melastomataceae* podem ser encontradas em praticamente todas as fitofisionomias com um número variável de espécies, porém, um maior número ocorre nos campos rupestres e formações associadas, com grande diversidade de hábitos que permite a ocupação de ambientes distintos e diversificados (ROMERO e MARTINS, 2002).

No entanto, as famílias que apresentaram o maior número de indivíduos, ou seja, a maior densidade, foram *Poaceae* e *Verbenaceae* na estação seca com 33,33% e 28,85 %, respectivamente, e na estação chuvosa a *Poaceae*, *Portulacaceae* e *Verbenaceae* com 93,03%, 68,16% e 35,82%, respectivamente. Estas famílias, aqui relatadas como as de maior relevância sejam na riqueza ou no número de indivíduos, também foram encontradas em outros estudos em campos rupestres no Brasil, mudando apenas a ordem de classificação (VIANA e LOMBARDI 2007; MESSIAS *et al.*, 2012).

O grande número de indivíduos da família *Poaceae* pode ser explicado pela presença de *Melinis minutiflora* que é considerada uma espécie invasora de colonização inicial (LORENZI, 2008). A presença desta espécie pode estar relacionada ao uso na revegetação de taludes em áreas adjacentes à pilha em estudo. A *Melinis minutiflora* tem sementes pequenas e leves que facilitam a sua dispersão, podendo ficar dormentes por um longo período e, mesmo assim, apresentar alto potencial de germinação (MARTINS *et al.*, 2011). Dessa maneira, a sua alta agressividade acaba por dificultar o estabelecimento das gramíneas nativas (MARTINS *et al.*, 2001), sendo necessárias medidas de controle para se alcançar o sucesso da recuperação na pilha de estéril em estudo.

Quando comparamos as cinco espécies com maior densidade em cada amostragem, percebe-se que houve apenas uma mudança entre as espécies, mas que essa mudança foi favorável para a riqueza da área, uma vez que saiu da lista uma espécie exótica (*Merremia cissoides* (Lam.) Halier f.) e entrou uma nativa (*Portulaca oleraceae* L.) que, na primeira amostragem, apresentou apenas três indivíduos, já na segunda, esse número mais que triplicou e foi para 137 indivíduos, um salto bastante representativo (Figura 6).

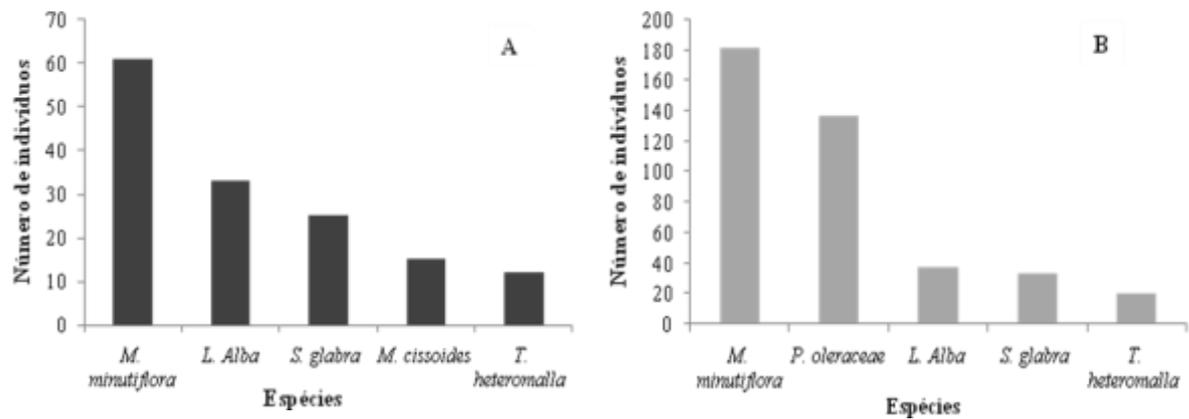


Figura 6: Comparação entre o número de indivíduos das cinco espécies mais frequentes na área experimental da pilha de estéril de canga ferruginosa na amostragem estação seca (A) e na amostragem estação chuvosa (B) no município de Conceição do Mato Dentro, MG.

O índice de Shannon foi de 2,43 para a estação seca e 1,91 para a estação chuvosa, o baixo valor para a estação chuvosa refere-se ao aumento do número de indivíduos de *Melinis minutiflora* e *Portulaca oleraceae* que gera uma dominância ecológica e menor diversidade florística (Quadro 3).

Quadro 3: Relação dos parâmetros fitossociológicos para as espécies encontradas em uma pilha de estéril em Conceição do Mato Dentro, MG

ESPÉCIES	FA (%)		FR (%)		DA (%)		DR (%)		RN (%)	
	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC
<i>Acantospermum australe</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,003	0,003	0,50	0,21	0,71	0,45
<i>Ageratum conyzoides</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,003	0,005	0,50	0,42	0,71	0,56
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,005	0,003	0,99	0,21	0,96	0,45
<i>Conoclinium macrocephalum</i>	3,85	0,00	0,93	0,00	0,003	0,000	0,50	0,00	0,71	0,00
<i>Eremanthus erythropappus</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,003	0,003	0,50	0,21	0,71	0,45
<i>Vernonia scorpioides</i>	7,69	7,69	1,85	1,38	0,005	0,005	0,99	0,42	1,42	0,90
<i>Vernonia polysphaera</i>	15,38	15,38	3,70	2,76	0,013	0,013	2,48	1,05	3,09	1,91
<i>Bulbostylis capillaris</i>	11,54	23,08	2,78	4,14	0,008	0,016	1,49	1,27	2,13	2,70
<i>Cyperus sp.</i>	0,00	3,85	0,00	0,69	0,000	0,003	0,00	0,21	0,00	0,45
<i>Ipomoea purpúrea</i>	7,69	3,85	1,85	0,69	0,008	0,003	1,49	0,21	1,67	0,45
<i>Merremia cissoides</i>	15,38	11,54	3,70	2,07	0,039	0,008	7,43	0,63	5,56	1,35
<i>Croton urucuana</i>	7,69	7,69	1,85	1,38	0,005	0,008	0,99	0,63	1,42	1,01
<i>Macroptilium lathyroides</i>	7,69	7,69	1,85	1,38	0,016	0,016	2,97	1,27	2,41	1,32
<i>Senna reniformis</i>	19,23	23,08	4,63	4,14	0,016	0,018	2,97	1,48	3,80	2,81
<i>Sida sp.</i>	0,00	3,85	0,00	0,69	0,000	0,003	0,00	0,21	0,00	0,45
<i>Sida rhombifolia</i>	3,85	0,00	0,93	0,00	0,003	0,000	0,50	0,00	0,71	0,00

Quadro 3:Continuação...

ESPÉCIES	FA (%)		FR (%)		DA (%)		DR (%)		RN (%)	
	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC	ES	EC
<i>Miconia sp1</i>	7,69	7,69	1,85	1,38	0,005	0,005	0,99	0,42	1,42	0,90
<i>Miconia sp2</i>	3,85	11,54	0,93	2,07	0,003	0,010	0,50	0,84	0,71	1,46
<i>Tibouchina candolleana</i>	3,85	7,69	0,93	1,38	0,005	0,008	0,99	0,63	0,96	1,01
<i>Tibouchina heteromalla</i>	42,31	50,00	10,19	8,97	0,031	0,052	5,94	4,22	8,06	6,59
<i>Chloris radiata</i>	19,23	19,23	4,63	3,45	0,016	0,013	2,97	1,05	3,80	2,25
<i>Melinis minutiflora</i>	65,38	100,00	15,74	17,93	0,159	0,474	30,20	38,40	22,97	28,16
<i>Portulaca oleraceae</i>	11,54	80,77	2,78	14,48	0,008	0,357	1,49	28,90	2,13	21,69
<i>Cecropia hololeuca</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,003	0,003	0,50	0,21	0,71	0,45
<i>Lippia Alba</i>	65,38	65,38	15,74	11,72	0,086	0,099	16,34	8,02	16,04	9,87
<i>Stachytarpheta glabra</i>	57,69	65,38	13,89	11,72	0,065	0,089	12,38	7,17	13,13	9,45
<i>Morfoespécie 1</i>	3,85	7,69	0,93	1,38	0,003	0,005	0,50	0,42	0,71	0,90
<i>Morfoespécie 2</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,005	0,005	0,99	0,42	0,96	0,56
<i>Morfoespécie 3</i>	3,85	3,85	0,93	0,69	0,005	0,005	0,99	0,42	0,96	0,56
<i>Morfoespécie 4</i>	0,00	3,85	0,00	0,69	0,000	0,003	0,00	0,21	0,00	0,45
<i>Morfoespécie 5</i>	0,00	3,85	0,00	0,69	0,000	0,003	0,00	0,21	0,00	0,45
<i>Morfoespécie 6</i>	3,85	0,00	0,93	0,00	0,003	0,000	0,50	0,00	0,71	0,00

Em que: ES = estação seca; EC = estação chuvosa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa e RN = índice de regeneração.

Dentre os hábitos encontrados, as herbáceas se destacaram com 65,63% do total de indivíduos amostrados, seguida pelas arbustivas 6,22%, subarbustivas 5,48% e arbóreas 1,18%. Esse resultado pode ser considerado favorável, uma vez que as gramíneas fornecem rápida cobertura do solo. Estudos em áreas degradadas por mineração comprovam o alto potencial das gramíneas nativas para recuperação das mesmas (MARTINS *et al.*, 2001).

Esse padrão de colonização inicial por herbáceas e subarbustivas ruderais e invasoras pode ser atribuído à ampla distribuição geográfica desse grupo de plantas, que resulta numa ampla tolerância ecológica dessas espécies a fatores ambientais (GOMEZ-POMPA, 1971; CASTELLANI e STUBBLEBINE, 1993). Contudo, essa colonização é importante para a recuperação de áreas, uma vez que essas plantas passam a contribuir com a ciclagem de nutrientes, fornecendo condições ecológicas mais favoráveis ao estabelecimento de outras espécies arbustivas e arbóreas por meio de um modelo sucessional de facilitação (CONNELL e SLATYER, 1977; BRUNO, 2000).

Dessa forma, apesar de o número de herbáceas nativas ter diminuído na segunda amostragem, a dominância das mesmas não foi perdida já que o número de exóticas se manteve igual nas duas amostragens (Quadro 4).

Quadro 4: Número de espécies identificadas em cada amostragem de acordo com sua origem, hábito e síndrome de dispersão em uma pilha de estéril no município de Conceição do Mato Dentro, MG

	ORIGEM			HÁBITO			DISPERSÃO		
	Nat	Exó	Arb	Ar	SAr	Herb	Ane	Aut	Zoo
Estação Seca	19	5	4	7	4	9	8	11	5
Estação Chuvosa	19	5	4	7	3	10	7	12	5

Onde: Nat = Nativa; Exó = Exótica; Arb = Arbórea; Ar = arbustivo; SAr = SArbustivo; Herb = herbáceo; Ane = anemocórica; Aut = autocórica e Zoo = zoocórica.

3.3 - Correlações entre espécies e variáveis ambientais

De acordo com a análise de correspondência canônica (CCA), as correlações entre espécies e variáveis ambientais foram significativas pelos testes de permutação de Monte Carlo. No entanto, os autovalores nos dois primeiros eixos e as proporções de variância explicada foram baixos (Quadro 5).

Quadro 5: Síntese dos resultados da análise de correspondência canônica (CCA) entre a matriz de presença e ausência de espécies e a matriz de variáveis ambientais em uma pilha de estéril no município de Conceição do Mato Dentro, MG

	EIXO 1	EIXO 2
Autovalores	0,001	0,000
Variância dos dados de espécie		
(%) variância explicada	4,8	1,7
(%) variância explicada acumulada	4,8	6,4
Correlações espécie-ambiente		
Pearson	0,694	0,449
Kendall	0,479	0,324
Significância dos testes de Monte Carlo		
Autovalores	0,021	-
Correlações espécie-ambiente	0,015	-

Apenas a máxima resistência e o número de indivíduos de canela-de-ema apresentaram correlação com o primeiro eixo de ordenação. As demais variáveis ambientais apresentaram correlações inferiores. Já para o segundo eixo de ordenação, não houve nenhuma correlação com as variáveis ambientais. Contudo, a ordenação não conseguiu separar com clareza grupos de espécies correlacionadas com as variáveis ambientais analisadas.

Com isso, pode-se inferir que o tempo de avaliação foi curto para exercer influência na composição florística da área, acreditando-se que, em um intervalo maior de avaliação,

venham a surgir fortes correlações com os eixos e, assim, a separação de grupos de espécies de acordo com as variáveis ambientais (Figura 7).

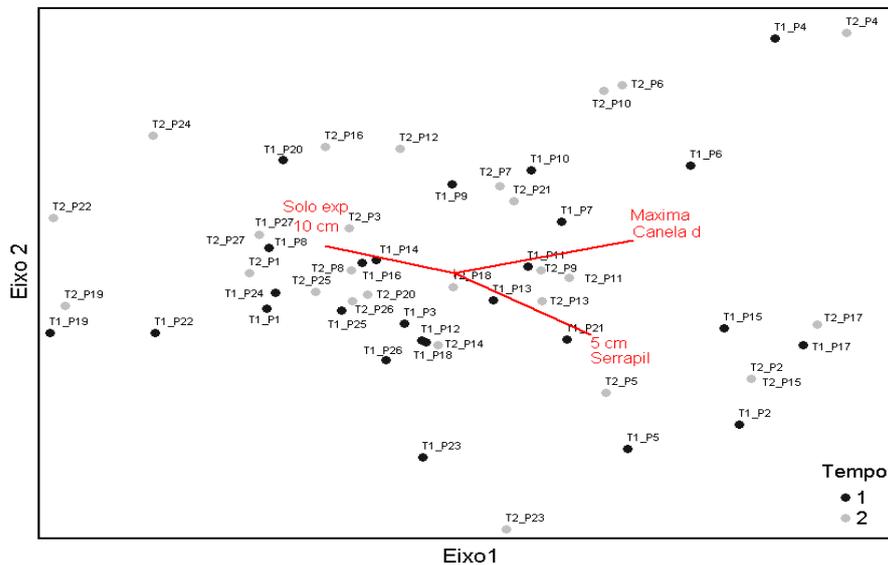


Figura 7: Diagrama de ordenação nos dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica (CCA) com os dados florísticos e ambientais. Em que: T1 = dados da estação seca e T2 = dados da estação chuvosa.

O mesmo padrão foi observado para a análise de correspondência retificada (DCA), em que os autovalores foram baixos nos dois eixos de ordenação, não sendo possível a separação clara de grupos florísticos correlacionados com tempos de amostragem (Figura 8).

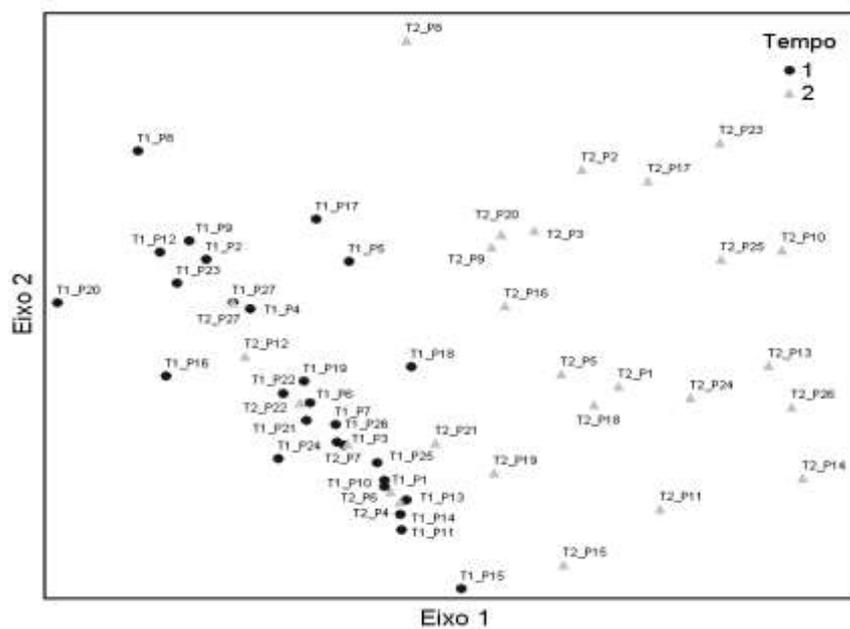


Figura 8: Diagrama de ordenação nos dois primeiros eixos da análise de correspondência retificada (DCA) com os dados ambientais. Em que: T1 = dados da estação seca e T2 = dados da estação chuvosa.

Por isso, pode-se supor que as variáveis ambientais precisam de um tempo maior para se correlacionar com a composição florística e, assim, separar grupos de espécies que tenham comportamentos semelhantes ao longo do tempo.

4 - CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) apesar da fina camada de *topsoil* utilizada, esta proporcionou uma cobertura do substrato, 58,5% para a estação seca e 62,2% para estação chuvosa, com considerável riqueza de espécies e densidade de indivíduos;
- b) o substrato da pilha de estéril não possui condições favoráveis para o estabelecimento de vegetação, uma vez que a parcela controle (sem *topsoil*) apresentou, nas duas amostragens, 100% de solo exposto.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. D'A. de. **Uso da camada superficial de solo na revegetação do estéril da extração de granito**. 2006. 57p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.25-32, 1999.

ALVES, R.J.V.; KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. **Vegetatio**, Australia, v.113, n.1, p.125-139, 1994.

ALVES, R.J.V.; KOLBEK, J.; BECKER, J. Vascular epiphyte vegetation in rocky savannas of southeastern Brazil. **Nordic Journal of Botany**, Suécia, v.26, p.101-117, 2008.

ANDERSON, J. E.; INOUE, R. S. Landscape-scale changes in plant species abundance and biodiversity of a Sagebrush Steppe over 45 years. **Ecological Monographs**, Washington, v.71, n.1, p.531-556, 2001.

APG. Angiosperm Phylogeny Group (APG III). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.161, n.1, p.105-121. 2009.

ARRUDA, L. J. ; CHEIB, A. L. ; RANIERI, B. D. ; NEGREIROS, D. ; FERNANDES, G. W. Resgate e translocação de *Oncidium warmingii* (Orchidaceae), espécie ameaçada de extinção

de campo rupestre ferruginoso. **Neotropical Biology And Conservation**, São Leopoldo, v.5, p. 10-15, 2010.

ATAÍDE, E. S.; CASTRO, P. de T. A; FERNANDES, G. W. Florística e caracterização de uma área de campo ferruginoso no complexo minerário alegria, Serra de Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.6, p.1265-1275, 2011.

BRANDÃO, M. GAVILANES, M. L. Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade)-II. **Daphne**, Minas Gerais - MG, v.1,n.1 p.26-43, 1990.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume Ediciones. 820 p. 1979.

BRUNO, J.F. Facilitation of cobble beach plant communities through habitat modification by *Spartina alterniflora*. **Ecology**, Washington, v.81, n.5, p.1179-1192, 2000.

CASTELLANI, T.T.; STUBBLEBINE, W.H. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.16, p.181-203, 1993.

CIANCIARUSO, M.V.; Batalha, M.A. A year in a Cerrado wet grassland: a non-seasonal island in a seasonal savanna environment. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.68, n.1 p.1519-6984, 2008.

CONNEL, J.H.; SLATYER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, Chicago, v.111, n.982, p.1119-1144, 1977.

COOK, J. A.; JOHNSON, M. S. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. **Environmental Reviews**, Canadá, 10: 41-71. 2002.

CORREIA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas no Cerrado: Técnicas de revegetação**. Apostila. Brasília: CREA-DF, p.163, 2004.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. p. 955-990. 2007.

DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**, Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, MG. 2a. ed. p.222, 2005.

DUNNETT, N. P.; WILLIS, A. J.; HUNT, R. e GRIME, J. P. A 38-years study of relations between weather and vegetation dynamics in road verges near Bibury, Gloucestershire . **Journal of Ecology**, Inglaterra, n.86, v.1 p.610-623, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ, p. 212, 1997.

GINOCCHIO, R.; BAKER, A.J.M. Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely known and studied in the region. **Revista Chilena de Historia Natural**, Chile, v.77, p.185-194, 2004.

GIULIETTI, A. M.; MENEZES, N. L.; PIRANI, J. R.; MEGURO, M.; WANDERLEY, M. G. L. Flora da Serra do Cipó: caracterização e lista de espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo- SP, v.9, p.1-151, 1987.

GIULIETTI, A.M.; PIRANI, J.R.; HARLEY, R.M. Espinhaço Range region – Eastern Brazil. In: DAVIS, S.D.; HEYWOOD, V.H.O.; HERRERA-MACBRYDE, J. V.L.; HAMILTON, A.C. (eds). **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. The Americas. WWF/IUCN Publications Unit., Cambridge, v. 3, p.397-404, 1997.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L.; PIRANI, J. R. Caracterização e endemismos nos campos rupestres da cadeia do espinhaço In: CAVALCANTI, T. B.; WALTER, B. M. T. **Tópicos atuais em botânica**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil, Brasília.p.311-318, 2000.

GOMEZ-POMPA, A. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. **Biotropica**, Kansas, v.3, p.125-135, 1971.

GUEDES, M. L. S.; ORGE, M. D. R. **Checklist das espécies vasculares do Morro do Pai Inácio (Palmeiras) e Serra da Chapadinha (Lençóis), Chapada Diamantina, Bahia, Brasil/Projeto diversidade florística e distribuição das plantas da Chapada Diamantina, Bahia**. Instituto de Biologia da UFBA, Salvador, p.69, 1998.

GUO, Q.; BROWN, J. H.; VALONE, T. J. Long-term dynamics of winter and summer annual communities in the Chihuahuan Desert. **Journal of Vegetation Science**, France, v.13, n.1, p.575-584, 2002.

HARLEY, R. M. Introduction In: Stannard, B. L. (Ed.). Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Royal Botanic Gardens**, Sydney, p.1-42, 1995.

HATTORI, E. K. O.; NAKAJIMA, J. N. A família Asteraceae na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental galheiro, perdizes, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 4, p. 687-749. 2008.

HAYNES, R. J. Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs. **Journal of Environmental Management**, Austrália, v. 90, p. 43-53. 2009.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, Brasília, v.5, n.1-2, p.25-33, 2008.

JACOBI, C.M.; CARMO, F.F.; VINCENT, R.C.; STEHMANN, J.R. Plant communities on ironstone outcrops – a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, Madrid,v.16, n.7, p.2185-2200, 2007.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis, a practical approach.** London: Belhaven, p.215, 1992.

LEMES, F. O. A. **Relações florísticas, fitossociológicas e aspectos edáficos de comunidades de campos rupestres da Serra do Itacolomi e Serra de Ouro Branco, Minas Gerais.** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG, p. ???, 2009.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais.** São Paulo, Plantarum, 608p, 2008.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity.** Oxford, Blackwell Science, p. 256, 2004.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M. Recuperação de uma área degradada pela mineração de cascalho com uso de gramíneas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.2, p.157-166, 2001.

MARTINS, C.R.; HAY, J.D.V.; WALTER, B.M.T.; PROENÇA, C.E.B. and VIVALDI, L.J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora N do Cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.34, n.1, p.73-90. 2011.

MATESANZ, S.; BROOKER, R. W.; VALLADARES, F.; KLOTZ, S. Temporal dynamics of marginal steppic vegetation over a 26-year period of substantial environmental change. **Journal of Vegetation Science**, France, v.20, n.1, p.299-310, 2009.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, version 6.** MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2011

MEIRELLES, S. T.; PIVELLO, V. R.; JOLY, C. A. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, Cambridge, v.26, n.1, p.10-20, 1999.

MENINI - NETO, L.; FORZZA, R.C.; ZAPPI, D. Angiosperm epiphytes as conservation indicators in forest fragments: A case study from southeastern Minas Gerais, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Madrid, v.18, n.14, p.3785-3807, 2009.

MESSIAS, M.C.T.B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOSOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro , v.26, n.1 p.230-242, 2012.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN, w³tropicos. 2012. <http://www.tropicos.org>. (Último acesso em: Dez/2012).

MOURAO, A.; STEHMANN, J.R. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 58, p.775-786, 2007.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley and Sons, p. 574, 1974.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, Bahia, v.20, n.1, p.671-685, 2006.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo subarbustivo em campo limpo úmido no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, Bahia, v.22, n.1, p.905-913, 2008.

NEAGOE, A.; EBENÅ, G.; CARLSSON, E. The effect of soil amendments on plant performance in an area affected by acid mine drainage. **Chemie der Erde**, Alemanha, v. 65, p. 115-129. 2005.

OLIVEIRA, G.C.; SEVERIANO, E.C. & MELLO, C.R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, n.?? p.265-270, 2007.

REIS, A. M. S.; ARAUJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N.; MOURA, A. N. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.1, p.497-508, 2006.

REZENDE, L. A. L. **Reabilitação de campos ferruginosos degradados pela atividade minerária no quadrilátero ferrífero**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTREL, R. T.; SILVA, E. A. Florística e estrutura da comunidade A de um fragmento florestal em Luminárias, MG. **Acta Botanica Brasílica**, Rio de Janeiro, v.17, n.1, p.71-97, 2003.

ROMERO, R.; MARTINS, A. B. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, n.1, p.19-24, 2002

SANTOS, L. M. **Restauração de campos ferruginosos mediante resgate de flora e uso de topsoil no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2010. 128p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; CORRÊA, G. R.; RIBEIRO, A. S. de S. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: I SIMPÓSIO: AFLORAMENTOS FERRUGINOSOS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: Biodiversidade, Conservação e Perspectivas de Sustentabilidade, 2008, Belo Horizonte. **Trabalhos Completos**. Belo Horizonte - MG, p.109-120, 2008.

SECCO, R. S.; MESQUITA, A. L. Notas sobre a vegetação de Canga da Serra Norte - I. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Botânica)**, Pará, v.59, p.1-13, 1983.

SILVA, E. B. **Manual de análise química de solo**. Laboratório de fertilidade do solo. Diamantina - MG, 13p. 2008.

SILVA, M.F.F. Análise florística da vegetação que se cresce sobre canga hematítica em Carajás-PA. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** (Botânica), Pará, v.7, p.79-108, 1991.

SILVA, S. R.; PROCOPIO, S. O.; QUEIROZ, T. F. N.; DIAS, L. E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.189-196. 2004.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição de serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006. 150p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB.

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; TONGEREN, O. F. R. van (Eds.). **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, p.91-173, 1995.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. **CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for canonical community ordination (version 4)**. New York, Microcomputer Power, Ithaca. 1998.

THE INTERNACIONAL PLANT Names Index. 2012. <http://www.ipni.org>. (Último acesso em: Dez/2012).

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 58, p.159-177, 2007.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2004. 145p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.

VINCENT, R. C.; JACOBI, C. M.; ANTONINI, Y. Diversidade na adversidade. **Ciência Hoje**, Portugal, v.3, n.185, p.64-67, 2002.

VOLPATO, M. M. L. **Regeneração natural em uma Floresta Secundária no Domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica**. 1994. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

CAPÍTULO 3

ABORDAGENS PARA O USO DE *TOPSOIL* NA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL DE UMA ÁREA DE PASTAGEM DEGRADADA

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência da espessura, sombreamento e origem do *topsoil* na restauração ambiental de uma área de pastagem degradada, o experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (3 x 2 x 2) + 2. Os tratamentos foram compostos pela combinação das origens do *topsoil* (estágio inicial e estágio médio), três espessuras (10, 20 e 30 cm) e ausência ou presença de sombrite de 70% com duas testemunhas adicionais (T1 e T2). Foi realizada a caracterização física, química e microbiológica do *topsoil* por meio de amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm. Determinaram-se microorganismos através de análise de DNA, a florística e a cobertura do solo que foi avaliada pelo método de Braun-Blanquet (1979), sendo sorteadas cinco subparcelas de 1m² dentro de cada parcela de 25m². Os resultados mostraram que houve uma boa correlação entre a densidade do solo (DS) e a porosidade total (PT), pois a espessura com maior valor PT apresentou menor valor de DS. O uso do *topsoil* melhorou, consideravelmente, a atividade microbiana através do carbono da biomassa e da amplificação de DNAs para grupos de bactérias e fungos. A cobertura vegetal desenvolvida sobre os dois tipos de *topsoil* apresentou um total de 2929 indivíduos de hábitos herbáceo, arbustivos e subarbustivos, identificadas 33 espécies em 11 famílias e uma morfoespécie. A família *Asteraceae* foi a que apresentou o maior número de espécies (9), seguida de *Fabaceae* (6), *Convolvulaceae* e *Malvaceae* (4) e *Solanaceae* (3). Já o levantamento florístico do estrato arbóreo registrou 235 indivíduos pertencentes a 21 espécies e 14 famílias e duas espécies sem identificação. A família com maior riqueza de espécies foi a *Fabaceae* (4), seguida da *Rutaceae*, *Solanaceae*, *Myrtaceae* e *Asteraceae*, no entanto, o maior número de indivíduos foi a *Siparunaceae*.

Palavras-chave: banco de propágulos, regeneração natural, restauração de ecossistemas.

ABSTRACT

In order to evaluate the influence of thickness, shading and origin of the topsoil in the environmental restoration of an area of degraded pasture. The experiment was conducted in randomized block design (RBD), factorial (3 x 2 x 2) + 2. The treatments consisted of combinations of sources of topsoil (early stage and middle stage), three thicknesses (10, 20 and 30 cm) and presence or absence of shading 70% with two additional witnesses (T1 and T2). We performed the physical, chemical and microbiological through the topsoil samples collected at a depth of 0-10 cm. Microorganisms was determined by DNA analysis, the floristic and soil cover that was evaluated by the method of Braun-Blanquet (1979), we randomly selected five subplots within each 1 m² plot of 25 m². The results showed a good correlation between the density of the soil (DS) and total porosity (TP), as the thickness with higher PT showed the lowest value of DS. The use of topsoil considerably improved microbial activity through carbon and biomass DNA amplification for groups of bacteria and fungi. The vegetation developed on the two types of topsoil had a total of 2929 individuals habits herbaceous, shrubby and sub-shrubby, 33 species in 11 families and one morphospecies. The family Asteraceae was the one with the highest number of species (9), followed by Fabaceae (6), Convolvulaceae and Malvaceae (4) and Solanaceae (3). Already a floristic inventory of the tree stratum recorded 235 individuals belonging to 21 species and 14 families and two unidentified species. The family with the highest species richness was the Fabaceae (4), followed by Rutaceae, Solanaceae, Myrtaceae and Asteraceae, however, the largest number of individuals was Siparunaceae.

Key-words: Bank seedlings, natural regeneration, restoration of ecosystems.

1 - INTRODUÇÃO

A exploração mineral gera a perda da vegetação, dos meios de regeneração bióticos (banco de sementes, plântulas, rebrota) e da camada superficial do solo rica em matéria orgânica, além dos horizontes mais profundos, proporcionando alterações nas propriedades edáficas que reduzem a capacidade produtiva do ecossistema (FRANCO *et al.*, 1992; RUIVO, 1998). Isso se deve ao fato de, na maioria das vezes, o solo ou substrato resultante nas áreas degradadas apresentar níveis baixos de nutrientes e diferenças nas características físico-químicas, quando comparados aos solos originais (PRIMACK; MASSARDO, 1998; KOPEZINSK, 2000).

Neste sentido, a recuperação de áreas degradadas deve levar em conta os componentes do sistema solo-planta-atmosfera, buscando uma recuperação integrada dos processos biológicos. Para tanto, o enriquecimento ou revegetação deve ser objeto da atuação de equipes multidisciplinares, detectando problemas e buscando soluções nos diversos segmentos do conhecimento científico sobre solo (fertilidade, física, biota, ciclagem de nutrientes); planta (botânica, fisiologia, interações com animais); atmosfera (climatologia) (DUARTE E CASAGRANDE, 2006) e suas interações ecológicas.

Os autores supracitados ainda afirmam que a recuperação da capacidade de produção vegetal do solo depende da adequação de propriedades de ordem qualitativa e quantitativa. As qualitativas com o propósito de recuperar o potencial de produção, através da capacidade de troca de cátions (CTC), e as quantitativas de repor os nutrientes com teores deficientes ou reduzir níveis de elementos tóxicos que limitam o desenvolvimento da vegetação.

O processo de sucessão ecológica em áreas que sofreram intervenção antrópica, tais como pastagens abandonadas e áreas de mineração com pouca alteração na estrutura do solo, desencadeia-se pela germinação de sementes recém-dispersas até o sítio e pelas sementes dormentes contidas no banco de sementes do solo (PEREIRA *et al.*, 2010). Durante a sucessão, a composição de espécies da comunidade muda continuamente, assim como a disponibilidade de recursos como luz, água e nutrientes (ENGEL e PARROTTA, 2003).

O sucesso da recuperação depende de condições específicas do local, assim como da implementação das melhores técnicas para uma reconstrução de um uso particular do solo. Por isso, nas áreas com atividades de exploração mineral, sempre que possível, o horizonte orgânico superficial e natural do solo “*topsoil*” deve ser retirado, armazenado e retornado à superfície final, devido a sua fertilidade e memória vegetacional (SOUZA, 2004), além de servir, também, como fonte de microorganismos (BARTH, 1989).

Essa técnica tem sido indicada como alternativa de restauração florestal em áreas degradadas, dado o seu baixo custo financeiro e a possibilidade de conter alta riqueza florística e densidade de sementes viáveis (MARTINS, 2007, 2009a; CALEGARI *et al.*, 2008). Os elevados valores de densidade e riqueza encontrados no banco do solo, na maioria dos levantamentos realizados em florestas brasileiras (MÔNACO *et al.*, 2003; COSTA e ARAÚJO, 2003), evidenciam o potencial da utilização do banco na restauração florestal em áreas degradadas, contribuindo para o aumento da diversidade e manutenção dos projetos de restauração (ZHANG *et al.*, 2001).

Mesmo o uso de *topsoil* sendo visto como uma técnica que proporciona grande diversidade de organismos capazes de dar um novo ritmo sucessional ao ambiente (REIS *et al.*, 2003), existe a necessidade de otimização do seu uso, a fim de se obter o maior desenvolvimento possível da vegetação (ALMEIDA, 2006). Um aspecto importante da utilização de *topsoil* na recuperação de áreas degradadas que precisa ser melhor definido é a sua espessura de uso, já que a comunidade vegetal depende muito da camada superficial do solo para se desenvolver e se estabelecer no meio. Sendo que o ideal seria que o *topsoil* fosse aplicado em sua espessura original, no entanto, há situações em que não existe no local quantidade suficiente ou ocorrem perdas durante as operações (TOY e DANIELS, 1998).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da espessura, sombreamento e origem do *topsoil* na restauração ambiental de uma área de pastagem degradada.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização da área de estudo

A área em estudo encontra-se localizada na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, no município de Conceição do Mato Dentro, em Minas Gerais, e pertence à empresa de mineração *Anglo American Ferrous*, que está em fase de instalação. A área experimental está inserida na fazenda “Passa Sete”, situada entre as coordenadas 18°51'47.34"S de latitude e 43°24'2.71"W de longitude ocupando uma área de 1.260m² (Figura 1) que, anteriormente, tinha sido ocupada por pastagem degradada formada por *Brachiaria sp.* e com ocorrências de populações de *Sida sp.*



Figura 1: Imagem do limite da barragem onde localiza-se a área experimental na fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG. FONTE: Google Earth, 2012.

Na região em estudo, a formação florestal predominante é a Mata Atlântica que é representada pela Floresta Estacional Semidecidual, havendo, ainda, os campos rupestres sobre quartzito e sobre canga ferruginosa (RIZZINI, 1979; IBGE, 1993). No entanto, a vegetação predominante no entorno da área experimental é a Floresta Estacional Semidecidual em estágio inicial e em estágio médio (BRANDT, 2010).

O clima dominante na região é Cwa, segundo a classificação de Köppen, com uma estação seca de 4 a 5 meses, que coincide com os meses mais frios. A temperatura média anual é de 20,6°C e a umidade relativa média do ar varia entre 75 e 80%. A precipitação média anual oscila entre 1400 e 1500 mm, com as chuvas concentradas no período de novembro a março (SEBRAE, 2000).

O relevo no município de Conceição do Mato Dentro é constituído por formas fluviais de dissecação, ou seja, decomposição das rochas pelos cursos de água e formas de aplainamento, os planaltos formados pela erosão hídrica. Predominam na região os Latossolos Vermelho-Escuros, os Cambissolos, os Argissolos Vermelho-Escuros e os afloramentos de rocha, ocorrendo em relevo, que varia de ondulado a montanhoso (SEBRAE, 2000).

2.2 - Implantação do experimento

A camada superficial do solo, *topsoil*, utilizada neste estudo, foi proveniente de duas áreas distintas de Floresta Estacional Semidecidual Montana, situadas dentro dos limites da

barragem de rejeito da empresa *Anglo American*. Na primeira área, a Floresta encontrava-se em estágio médio de regeneração e, devido à logística da empresa, o *topsoil* foi retirado (decapeado) e empilhado seis meses antes da implantação do experimento. Já na segunda área, a Floresta encontrava-se em estágio inicial de regeneração e a retirada (decapeamento) do *topsoil* foi realizada no momento da implantação do experimento.

Assim, foram estabelecidos 14 tratamentos com três repetições implantados em 42 parcelas de 5 x 5m (25m²). O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (3 x 2 x 2) + 2. As parcelas foram separadas uma das outras através do uso de hastes de madeira, a fim de conter a movimentação do *topsoil* entre as parcelas. Cada bloco foi composto por duas fileiras com sete parcelas. Entre as fileiras, estabeleceu-se uma via de acesso de 1,0m e entre os blocos de 1,5m (Figura 2).

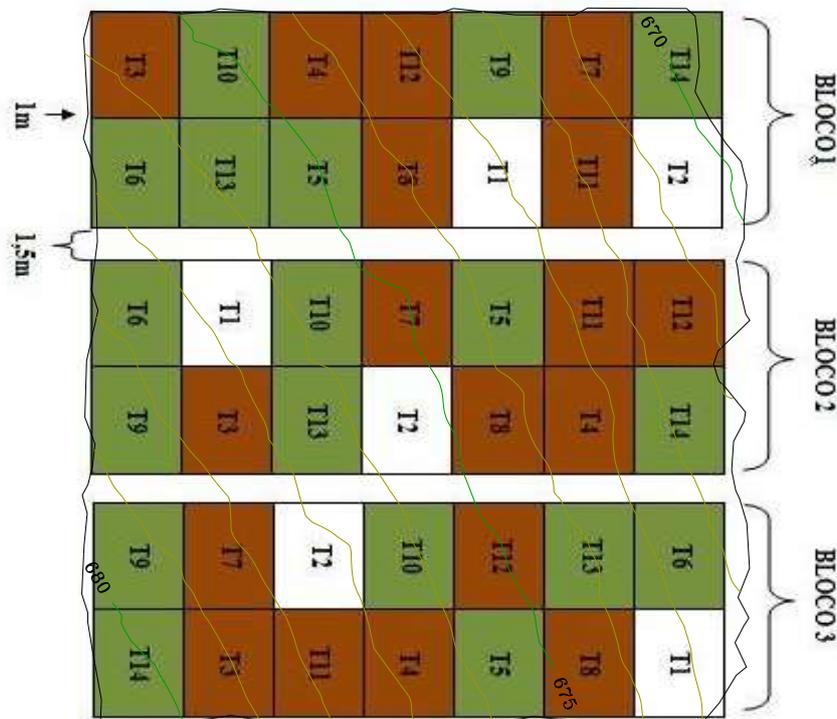


Figura 2: Croqui que representa o formato e distribuição dos tratamentos dentro dos blocos assim como a declividade da área onde o experimento foi instalado na Fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de três fatores, as origens do *topsoil* (estágio inicial e estágio médio), as espessuras (10, 20 e 30 cm) e a presença ou ausência de sombreamento (sombrite 70%), além das duas testemunhas adicionais (T1 e T2) compostas apenas pela presença ou ausência de sombreamento, conforme detalhado no quadro 1.

Quadro 1: Composição dos tratamentos e testemunhas adicionais de acordo com os fatores testados no experimento, seguido do código de identificação dos mesmos

Tratamentos	Fatores			Código
	Origem do <i>Topsoil</i>	Espessura (cm)	Sombreamento	
T1	-	-	Com	0-C
T2	-	-	Sem	0-S
T3	Estágio médio	10	Com	10-MC
T4	Estágio médio	10	Sem	10-MS
T5	Estágio inicial	10	Com	10-IC
T6	Estágio inicial	10	Sem	10-IS
T7	Estágio médio	20	Com	20-MC
T8	Estágio médio	20	Sem	20-MS
T9	Estágio inicial	20	Com	20-IC
T10	Estágio inicial	20	Sem	20-IS
T11	Estágio médio	30	Com	30-MC
T12	Estágio médio	30	Sem	30-MS
T13	Estágio inicial	30	Com	30-IC
T14	Estágio inicial	30	Sem	30-IS

O transporte do *topsoil* até a área experimental foi realizado com auxílio de caminhões e sua deposição nas parcelas com auxílio de retro-escavadeiras e/ou carrinhos de mão e, em seguida, foi espalhado com o auxílio de enxada, de acordo com o tratamento sorteado. Sendo utilizado, no total, 180m³ de *topsoil* (Figura 3).





Figura 3: Área experimental com as parcelas e blocos demarcados (A), deposição do topsoil na área experimental (B), deposição do topsoil com retro-escavadeira nas parcelas experimentais (C), deposição do topsoil com carrinho de mão (D), nivelamento com enxada (E), parcela com o topsoil no tratamento sem sombreamento (F) e parcela no tratamento com sombreamento (G).

2.3 - Caracterização física e química do *topsoil*

Para caracterização dos atributos físicos e químicos do *topsoil*, foram coletadas, no mês de junho de 2012, em cada parcela, cinco amostras simples na profundidade de 0-10cm, para compor uma amostra composta, totalizando 42 amostras que foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2mm, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

A análise granulométrica (Quadro 2) determinou as porcentagens de areia, silte e argila, segundo EMBRAPA (1997), a qual mostrou que o *topsoil* utilizado apresenta textura média, ou seja, os teores de argila estão abaixo de 35%.

Quadro 2: Percentual de areia, silte e argila na profundidade de 0-10 cm do *topsoil* depositado nas parcelas do experimento instalado na área de pastagem degradada da Fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

Atributos físicos	Tratamentos													
	0-C	0-S	10M-C	10M-S	10I-C	10I-S	20M-C	20M-S	20I-C	20I-S	30M-C	30M-I	30I-C	30I-S
	----- % -----													
Areia	55	52	56	57	46	48	58	57	44	45	57	59	45	44
Silte	15	17	6	10	21	20	4	11	19	48	11	7	22	20
Argila	30	31	39	33	33	32	38	33	37	32	32	34	33	36

Já as análises químicas (Quadro 3) seguiram o protocolo de SILVA (2008), determinando pH em água; os teores de P, K disponíveis no solo; Ca, Mg, e Al trocáveis; acidez potencial H + Al; soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e teores de matéria orgânica MO.

Quadro 3: Valores médios dos atributos químicos na profundidade de 0-10 cm do *topsoil* depositado nas parcelas do experimento instalado na área de pastagem degradada da Fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

Atributos Químicos	Tratamentos													
	0-C	0-S	10M-C	10M-S	10I-C	10I-S	20M-C	20M-S	20I-C	20I-S	30M-C	30M-I	30I-C	30I-S
pH	4,7b	5,2a	4,7b	4,7b	4,7b	4,9b	4,6b	4,6b	4,6c	4,8b	4,6b	4,7b	4,6b	4,7b
	----- mg/dm ³ -----													
P	0,5c	0,6b	0,8b	1,0a	0,9b	0,9b	0,8b	0,9b	0,9b	0,9b	0,8b	1,0a	0,9b	0,8b
K	61,6d	74,4c	106,4c	139,0 a	109,1c	126,5 ^a	132,0a	140,5a	107,3c	117,5b	138,9a	139,4a	109,0c	112,8b
	----- cmol _c /dm ³ -----													
Ca ²⁺	0,3c	0,3c	0,7b	1,0a	0,5c	0,5c	1,0a	1,0a	0,5c	0,4c	0,8b	1,0a	0,6b	0,4c
Mg ²⁺	0,3a	0,4a	0,4a	0,4a	0,3a	0,3 ^a	0,4 ^a	0,3a	0,5a	0,2 ^a	0,3a	0,5a	0,3a	0,9a
Al ³⁺	1,2d	1,1d	1,2d	1,2d	1,7c	1,6c	1,4c	1,2c	1,8b	1,7b	1,3c	1,4c	1,8a	1,6c
H+Al	5,2c	4,7c	8,0b	9,1a	8,5b	8,8 ^a	10,3a	9,5a	8,2b	8,2b	10,0a	8,8a	8,4b	8,3b
SB	0,6d	0,9d	1,4c	1,8a	1,0c	1,2c	1,7b	1,6b	1,3c	0,9d	1,5b	1,8a	1,2c	1,0c
t	1,8c	1,9c	2,6b	3,0a	2,7b	2,8b	3,1 ^a	2,9a	3,0a	2,6b	2,8b	3,2a	3,1a	2,5b
T	5,9c	5,6c	9,4b	10,9a	9,5a	9,9 ^a	12,0a	11,1a	9,4a	9,1b	11,5a	10,6a	9,7a	9,2b
	----- dag/kg -----													
MO	0,5d	1,0d	2,1b	2,0b	1,4c	2,4 ^a	2,5 ^a	2,0b	1,6c	2,2b	2,4a	2,4a	2,1b	1,3c
	----- % -----													
M	65,3a	57,0b	46,0b	41,0c	61,3a	58,3b	45,0b	43,3c	58,3b	64,3 ^a	47,0b	42,3c	60,0a	62,0a
V	10,7a	15,0a	15,3a	16,0a	11,3a	11,7 ^a	15,0a	14,7a	13,7a	10,3 ^a	13,3a	17,3a	13,0a	10,7a

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Para análise da densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e porosidade total (PT) do *topsoil*, foram coletadas, em novembro de 2012, 42 amostras de solo, no centro de cada parcela, por meio de anéis volumétricos que foram identificados e encaminhados ao

Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) para a realização de todas as análises supracitadas.

A umidade do *topsoil* foi coletada diretamente em campo com o auxílio de um medidor de umidade do solo (HH2, Marconi) em cinco pontos dentro de cada parcela, uma vez por mês, durante seis meses (junho a novembro de 2012) (Figura 4).



Figura 4: Detalhes dos equipamentos utilizados nas medições de umidade (A) e resistência à penetração (B) em cada parcela alocada na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Também foram coletados dados de resistência mecânica à penetração, em novembro de 2012, em três pontos de cada parcela, com o auxílio de um Penetrógrafo mecânico semi-automático (Penetrographer SC-60, SoilControl) que expressa valores em kg/cm² (Figura 4) que foram transformados em MPa através da multiplicação pelo fator 0,098 (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

2.4 - Caracterização microbiológica do *topsoil*

Para a caracterização microbiológica, em agosto de 2012, foram coletadas em cada parcela três amostras simples do *topsoil* na profundidade de 0-10cm, totalizando 128 amostras que foram colocadas em sacos plásticos, acondicionadas em caixas de isopor com gelo e levadas ao Laboratório de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (LIPEMVALE) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, onde foram armazenadas em geladeira até a realização das análises.

A respiração microbiana foi analisada por meio do método respirométrico que avalia o CO₂ liberado pelo *topsoil* por meio de amostras úmidas de 100g com 60% da capacidade de campo peneiradas em malha de 2mm e incubadas durante dez dias em frascos de vidro

hermeticamente fechados, em que o CO₂ liberado do *topsoil* é carreado por fluxo contínuo de ar (isento de CO₂) até um erlenmeyer contendo 100mL de solução de NaOH 2 mol L⁻¹. Após o intervalo de dez dias, foi estimado o CO₂ liberado a partir da titulação de 10 mL da solução de NaOH com uma solução de HCl 0,5 mol L⁻¹. Para controle da qualidade do ar carreado, foram utilizados frascos sem solo como amostra “em branco” em relação às demais.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) seguiu a metodologia descrita por Vance *et al.* (1987) e modificada por Silva *et al.* (2007). Sendo retiradas duas porções de 20g do *topsoil* de cada tratamento submetido à respirometria, sendo uma submetida à radiação de microondas por 2 minutos divididos em dois momentos (60s + 60s), substituindo a fumigação com clorofórmio. Para a extração do CBM às amostras irradiadas e não irradiadas de *topsoil*, foram adicionados 80 mL de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, em seguida, foram agitadas por 30 minutos em mesa agitadora horizontal, permanecendo em repouso por mais 30 minutos, para decantação. Após a decantação, o sobrenadante foi filtrado, desse sobrenadante filtrado, extrato, foram retirados 8 mL e adicionados em erlenmeyer, em que foram acrescentados 2 mL de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇ 0,066 mol L⁻¹), 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) e 5 mL de ácido ortofosfórico concentrado que aqueceram a solução. Após o resfriamento, foram adicionados 70 mL de água destilada e 4 gotas de difenilamina, procedendo, em seguida, a titulação com solução 0,333 mol L⁻¹ de sulfato ferroso amoniacal ((NH₄)₂Fe(SO₄)₂) até a mudança de coloração do púrpura para o verde.

O quociente metabólico (qCO₂) foi determinado por meio da relação entre os valores de CO₂ e CBM, pois representa a quantidade de CO₂ por unidade de biomassa.

A princípio, foi realizada uma ANOVA e, se a mesma fosse significativa a 5% de significância, foi feito o teste Dunnett para comparar todos os tratamentos com cada testemunha adicional e, após esse teste, realizou-se ANOVA FATORIAL sem as testemunhas apenas com os tratamentos fatoriais, se significativa, procedeu-se o teste de Tukey a 5%. Toda a análise estatística foi realizada com auxílio do Software Statistica 10.0 (STATSOFT, 2010).

2.5 - Determinação de microorganismos por meio de análise de DNA

Para a realização da análise de DNA do *topsoil*, foram coletadas três amostras simples de cada tratamento (uma em cada bloco) para compor uma amostra composta por tratamento, totalizando, assim, 14 amostras compostas. Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Genética e Biotecnologia da UFVJM, em que foram armazenadas em congelador a -20°C até a realização das análises.

2.5.1 - Pré-tratamento das amostras

Foram pesados 0,5g do *topsoil* de cada tratamento em tubo falcon de 15 mL, os quais passaram por um pré-tratamento onde 500 µL (relação 1:1) de uma solução de 1 mol L⁻¹ de CaCO₃ foram adicionados aos tubos e misturados com o auxílio de um vortex (Colleman), a mistura de solo com a solução foi deixada em temperatura ambiente por uma hora (SAGOVA-MARECKOVA *et al.*, 2008).

2.5.2 - Extração do DNA

Após o pré-tratamento, foram adicionados às amostras 1,5 mL de tampão de extração (Tris-HCl 0,1 mol L⁻¹; EDTA 0,1 mol L⁻¹; Fosfato de Sódio 0,1 mol L⁻¹; NaCl 1,5 mol L⁻¹; CTAB 1%; CaCl₂ 2% em pH 8) e 5 µL de proteinase K (20 mg mL⁻¹), misturados com auxílio do vortex e, em seguida, os tubos foram agitados durante 30 minutos em agitador orbital a 37°C e a 225 rpm. Após a agitação, 200 µL de SDS 10% foram adicionados e misturados às amostras e, em seguida, os tubos foram incubados em banho maria a 65°C por uma hora com inversões suaves das amostras a cada 20 minutos. Após o banho submeteu-se os tubos à centrifugação (Centrífuga Allegra X-22R Beckman Coulter) durante 5 minutos a 4500 rpm e, em seguida, coletou-se o sobrenadante que foi transferido para outro tubo falcon de 15 mL. Aos primeiros tubos foram adicionados mais 0,5 mL de tampão de extração e 50 µL de SDS 10%, seguidos de incubação em banho maria a 65°C por mais 10 minutos e centrifugação a 4500 rpm por mais 5 minutos, para assim coletar mais um sobrenadante que foi misturado ao primeiro. Repetindo a operação mais uma vez. Aos três sobrenadantes coletados foram adicionados igual volume de álcool isoamílico/clorofórmio (CIA 1:24), invertendo os tubos suavemente com a mão para posterior centrifugação a 4500 rpm por 5 min. Após a centrifugação o sobrenadante foi transferido para tubos de centrífuga de 1,5 mL sendo precipitado com 0,6 volumes de isopropanol e armazenados a -20°C por uma hora. Em seguida os tubos foram centrifugados a 12000 rpm por 5 minutos e o isopropanol foi descartado restando apenas os péletes de DNA bruto que foram lavadas duas vezes com 0,7 mL de etanol 70% gelado para depois serem secos à vácuo. Por fim, depois de seco, o DNA bruto foi dissolvido em 100 µL de tampão TE e armazenado em -20°C (WANG *et al.*, 2012).

2.5.3 - Purificação do DNA

O volume das amostras foi elevado para 500 µL com Tampão de Extração (CTAB 2x), previamente aquecido. Em seguida foram adicionados 1/10 do volume da amostra, a solução CTAB 10% - NaCl 0,7 mol L⁻¹, previamente aquecida e 1 volume (500 µL) de CIA, sendo

misturados cuidadosamente. Foram levados para centrifugação a 7.500 rpm por 5 minutos, e o sobrenadante foi transferido para um novo tubo de 1,5 mL, onde foi adicionado 1 volume (500 µL) de solução CTAB para precipitação, misturando cuidadosamente. Como o DNA não foi visível, os tubos foram mantidos em banho maria a 65°C por 30 minutos.

Após o banho, foram centrifugados a 12.000 rpm por 5 minutos. Como o pélete não foi visível, centrifugou-se por mais 25 minutos, para assim descartar o sobrenadante e adicionar 500 µL da solução Tampão TE saturado com NaCl e manter em banho maria a 65°C por 30 minutos. Adicionou-se 0,6 volumes (300 µL) de Isopropanol e homogeneizou-se bem e cuidadosamente, mantendo-se a -20°C por, no mínimo, 30 minutos para depois centrifugar a 12.000 rpm por 5 minutos. Como o pélete não foi visível centrifugou-se por mais 25 minutos, para depois descartar o sobrenadante e adicionar ao pélete 1000 µL de etanol 70% e submeter a centrifugação a 12.000 rpm por 5 minutos. Descartou-se o sobrenadante para repetir esta operação. Após lavagem com etanol a 70%, adicionou-se ao pélete 500 µL de etanol 95% e submeteu-se a centrifugação a 12.000 rpm por 5 minutos. Em seguida descartou-se o sobrenadante e secou-se o pélete a vácuo. Por fim, adicionaram-se de 20 a 100 µL de TE 10:0,1. A quantidade de TE adicionada dependeu do tamanho do pélete, por isso 50 µL foram suficientes. Armazenou-se as amostras a -20°C para uso posterior.

2.5.4 - Amplificação do DNA por PCR

Os oligonucleotídeos iniciadores utilizados para amplificação do gene rDNA 16S foram propostos por Grilo (2009), sendo específicos para os filos *Euryarchaeota* e *Crenarchaeota*, que pertencem ao domínio *Archaea* e para os filos *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Proteobacteria* e *Deferribacteres*, que pertencem ao domínio *Bacteria*. Já para a amplificação do gene rDNA 18S, e região intergênica, foram utilizados os oligonucleotídeos universais para fungos, NS1-NS2; ITS1-ITS2; ITS3-ITS4; ITS5-5.8S e ITS1-5.8S.

As reações de PCR foram realizadas em termociclador (Biorad MyCycler 1.065) para um volume total de 13 µL, contendo, para cada reação: 0,3 µL de cada primer, 2 µL de DNA purificado, 1,0 µL de dNTP, 0,39 m mol L⁻¹ de MgCl₂, 0,2 µL de *Taq* DNA polimerase, 1,3 µL do tampão de reação respectivo, fornecido pelo fabricante da polimerase, e 7,51 µL de água. A amplificação foi realizada por meio de um programa com ciclo de desnaturação inicial a 94°C durante 5 minutos, seguido de 30 ciclos de 45 segundos a 94°C, mais 30 segundos a 48,2°C para o pareamento dos iniciadores, mais 2 minutos a 72°C para a extensão, seguida de uma extensão final de 7 minutos a 72°C. Ao término, as amostras foram mantidas a 4 °C até o momento de retirada das mesmas do equipamento.

2.6 - Avaliação da cobertura do solo e da vegetação regenerante

2.6.1 - Cobertura do solo

Para verificar os padrões da estrutura dos componentes herbáceos e estimar a porcentagem de cobertura viva desenvolvida sobre o *topsoil*, utilizou-se o método da escala de Braun-Blanquet (1979). Em novembro de 2012 foram sorteadas cinco subparcelas de 1 x 1 m (Figura 5) dentro de cada parcela de 5 x 5 m, sendo todos os indivíduos existentes no interior de cada subparcela sorteada identificados e contados. O grau de cobertura do solo foi estimado visualmente em cada uma das subparcelas sorteadas, onde a soma das mesmas representam 20% da cobertura total da parcela.



Figura 5: Detalhe de uma subparcela de 1 x 1 m, alocada para estimativa da cobertura do solo na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

A identificação das espécies foi realizada diretamente no campo, quando possível. E quando esta identificação não foi possível “*in situ*”, foi feita com o auxílio de literatura e registro fotográfico. As espécies e famílias foram classificadas de acordo com *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009). A verificação da grafia e sinónimas nomenclaturais foi realizada nos bancos de informações dos sites *Missouri Botanic Garden - MOBOT* (2012) e do *The Internacional Plant Names Index - IPNI* (2012).

2.6.2 - Composição florística e estrutura fitossociológica da comunidade arbórea

O levantamento das espécies arbóreas foi realizado em toda a área útil das parcelas de 5 x 5 m (25 m²), sendo todos os indivíduos, existentes no interior de cada parcela, contados, identificados, plaqueteados e mensurados em diâmetro à altura do solo (mm) e em altura

(cm), utilizando paquímetro digital e régua graduada de 30 cm. Os indivíduos que não foram identificados “*in situ*” foram identificados posteriormente com o auxílio dos registros fotográficos e da literatura. As espécies e famílias foram classificadas de acordo com *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009). A verificação da grafia e sinônimas nomenclaturais foi realizada nos bancos de informações dos sites *Missouri Botanic Garden - MOBOT* (2012) e do *The Internacional Plant Names Index - IPNI* (2012).

Os parâmetros fitossociológicos considerados na análise da organização comunitária foram: frequência, densidade, abundância absoluta e relativa e o índice de diversidade de Shannon (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG 1974; MAGURRAN, 2004). Para verificar o índice de regeneração das espécies utilizou-se a fórmula proposta por Volpato (1994) onde $RN = (DR + FR)/2$, em que RN é a porcentagem de regeneração natural; DR é a densidade relativa das espécies; e FR a frequência relativa.

2.6.3 - Riqueza de espécies e abundância de indivíduos arbóreos entre os tratamentos

Para comparar a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos identificados entre os tratamentos avaliados, foi realizada uma ANOVA e, se a mesma fosse significativa, a 5% de significância, far-se-ia o teste Dunnett para comparar todos os tratamentos com cada testemunha adicional e, após esse teste, realizou-se ANOVA FATORIAL, sem as testemunhas, apenas com os tratamentos fatoriais, sendo significativa, procedeu-se o teste de Tukey a 5%. Toda a análise estatística foi realizada com auxílio do Software Statistica 10.0 (STATSOFT, 2010).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Análise física do *topsoil*

Os resultados de densidade de partículas não diferiram significativamente entre os tratamentos ($p = 0,289$). Vale ressaltar que trata-se da camada superficial do solo onde os constituintes orgânicos são encontrados em maior concentração e por isso exercem influência na densidade de partícula dessa camada, já que o cálculo é baseado na densidade dos constituintes do solo.

Para a densidade do solo e a porosidade total observou-se que houve diferença significativa entre as espessuras ($p = 0,001$; $p = 0,000$, respectivamente). Com isso, ao realizar-se o teste de Dunnett a 5%, observou-se que ao comparar a densidade do solo de todos os tratamentos com a densidade do solo de cada testemunha (0-C e 0-S), o único

tratamento que não apresentou diferença significativa foi o 10M-C, contudo não é um valor limitante ao desenvolvimento de espécies vegetais (Quadro 4).

Para porosidade total, observou-se que na comparação com 0-C, os tratamentos 10M-S, 20M-C, 20I-C e 20I-S apresentaram diferença significativa. Este resultado indica a espessura de 20 cm como a melhor para essa variável, já que 20M-C, 20I-C e 20I-S possuem a mesma espessura, mesmo sendo de origens distintas, com ou sem sombreamento. Na comparação com 0-S, apenas os tratamentos 10M-C e 30I-S não diferiram significativamente da testemunha (Quadro 4).

Quadro 4: Comparação entre os valores médios de densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) com os testemunhas adicionais (0-C e 0-S)

Tratamento	DS (g/cm ³)		PT (cm ³)	
	0-C (1,157)	0-S (1,151)	0-C (0,505)	0-S (0,448)
0-C	-	1,157 ns	-	0,505 ns
0-S	1,151 ns	-	0,448 ns	-
10M-C	1,014 ns	1,014 ns	0,519 ns	0,519 ns
10M-S	0,874 *	0,874 *	0,623 *	0,623 *
10I-C	0,934 *	0,934 *	0,586 ns	0,586 *
10I-S	0,910 *	0,910 *	0,574 ns	0,574 *
20M-C	0,844 *	0,844 *	0,632 *	0,632 *
20M-S	0,919 *	0,919 *	0,594 ns	0,594 *
20I-C	0,808 *	0,808 *	0,643 *	0,643 *
20I-S	0,882 *	0,882 *	0,618 *	0,618 *
30M-C	0,902 *	0,902 *	0,608 ns	0,608 *
30M-I	0,882 *	0,882 *	0,617 ns	0,617 *
30I-C	0,883 *	0,883 *	0,597 ns	0,597 *
30I-S	0,914 *	0,914 *	0,524 ns	0,524 ns

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Dunnett a 5%.

Em relação aos tratamentos fatoriais observou-se para densidade do solo que os tratamentos 10M-C e 10I-C apresentaram os maiores valores (Quadro 3) e ainda assim estão abaixo da faixa restritiva ao crescimento radicular e à infiltração de água do solo que de 1,27 entre 1,57 g/cm³ (ALVARENGA e DAVIDE, 1999; CORSINE e FERRAUDO, 1999).

Para a porosidade total, os tratamentos 20M-C e 20I-C foram os que apresentaram os maiores valores (Quadro 5), tendo boa correlação com a densidade do solo, já que a espessura com maior valor PT apresentou menor valor de DS. Nesse sentido, porosidade total superior a $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, é considerada “ideal” e resulta em boa aeração, infiltração e qualidade física para o crescimento das plantas (BRADY e WEIL, 1999). Valores elevados de porosidade total em solo semelhante também foram encontrados por Beutler *et al.* (2004) e Centurion *et al.* (2004).

Quadro 5: Teste de média para os atributos densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) no desdobramento da interação (espessura x sombreamento).

Espessura (cm)	DS (g/cm ³)	PT (cm ³ /cm ³)
10	0,9743 a	0,5526 b
20	0,8258 b	0,6372 a
30	0,8920 b	0,6021 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5%.

Os valores de umidade apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo observadas oscilações entre os meses de junho e setembro. Os valores registrados no mês de julho para todos os tratamentos foram os menores, devido a uma estiagem ocorrida na região nessa época (Figura 6B), no entanto, alguns tratamentos mantiveram uma umidade considerável, a exemplo do 30I-C com 20% de umidade do solo, que pode ser explicada pela presença de sombreamento neste tratamento (Figura 6A).

Por outro lado, nos meses de outubro e novembro foi registrado um aumento significativo nesses valores, que estão diretamente relacionados com o início da estação chuvosa na região, chegando a 420 mm (Figura 6B). Com isso, observou-se que mais uma vez que 30I-C foi o tratamento que se destacou dos demais, com 38% de umidade no solo (Figura 6A), o que comprova a eficiência do sombreamento na retenção de umidade e, consequentemente, na criação de um microclima favorável ao desenvolvimento das espécies vegetais.

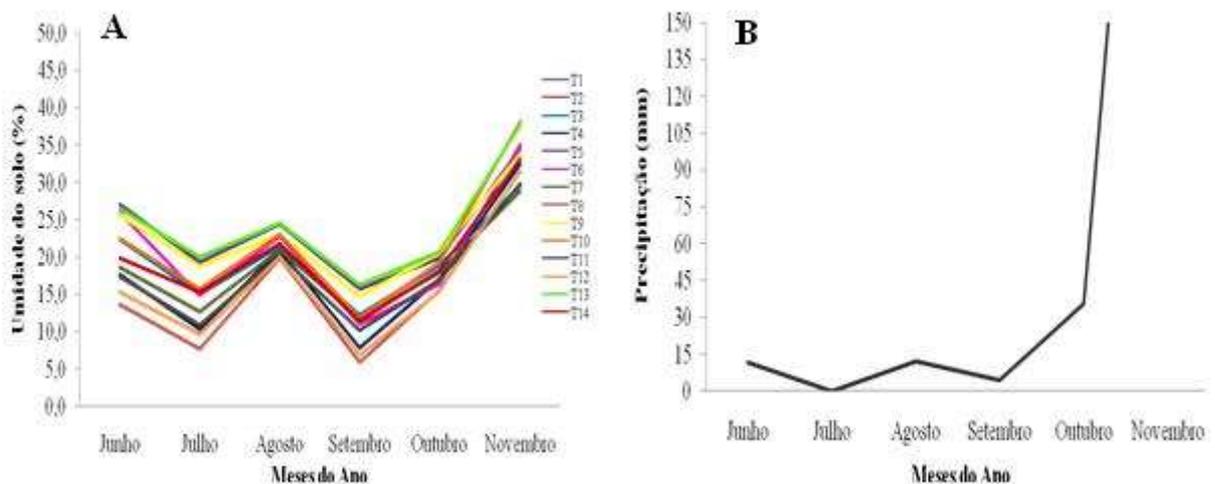


Figura 6: Valores em porcentagem de umidade do solo durante seis meses nos tratamentos implantados na área experimental da fazenda “Passa Sete” (A) e precipitação no município de Conceição do Mato Dentro, MG, nos meses de Junho a Novembro de 2012 (B).

A resistência à penetração apresentou diferença significativa entre tratamentos avaliados, sendo o 10I-C, o tratamento com maior valor (Figura 7). Desse modo, o *topsoil* utilizado nesse tratamento apresenta pouca limitação ao crescimento e desenvolvimento adequado das plantas, já que o valor de resistência à penetração encontra-se entre 1,08 e 2,45 Mpa que é a faixa que causa pouca limitação (RIBEIRO *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

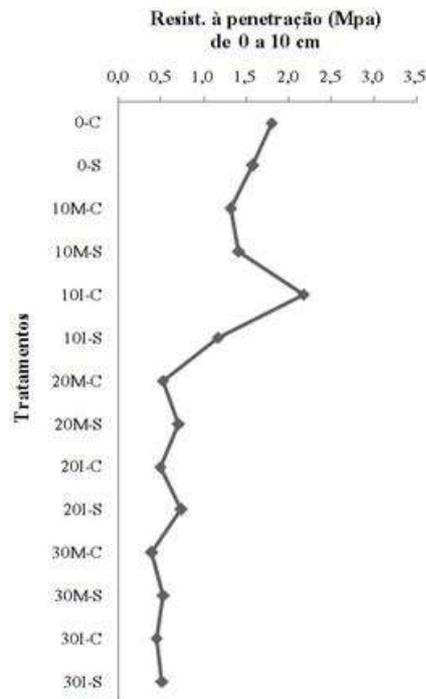


Figura 7: Valores médios de resistência à penetração na profundidade de 0 a 10 cm para todos os tratamentos na área experimental da Fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

3.2 - Análise microbiológica do *topsoil*

Os resultados de respiração microbiana e carbono da biomassa não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0,872$; $p = 0,806$, respectivamente), ao contrário do quociente metabólico ($p = 0,004$) que apresentou diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, ao realizarmos a ANOVA FATORIAL do quociente metabólico não encontramos diferença significativa entre os fatores e suas interações (Anexo).

O quociente metabólico permite a caracterização de solos com biomassa microbiana mais eficiente na utilização de energia, o qual reflete em ambientes mais estáveis (CHAER, 2001). Assim, baixos valores de qCO_2 refletem ambientes mais estáveis, ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; já os valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a

condição de estresse ou de distúrbio (TÓTOLA e CHAER, 2002) como é o caso do tratamento 0-C que apresentou um valor altíssimo em comparação ao demais (Quadro 6).

Quadro 6: Teste de média para quociente metabólico (qCO_2) para todos os tratamentos implantados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

Tratamentos	qCO_2 ($\mu g CO_2 \mu g^{-1} cmol_c d^{-1}$)
0-C	8,14 b
0-S	0,33 a
10M-C	0,38 a
10M-S	0,86 a
10I-C	0,27 a
10I-S	0,45 a
20M-C	0,38 a
20M-S	0,46 a
20I-C	1,19 a
20I-S	2,22 a
30M-C	0,76 a
30M-I	0,53 a
30I-C	0,44 a
30I-S	0,66 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5%.

Jakelaitis *et al.* (2008), ao determinar um índice de qualidade, baseado em indicadores físicos, químicos e biológicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, com vegetação nativa e cultivado com pastagens e culturas, encontrou valores de qCO_2 sensivelmente maiores para pastagem exclusiva e para a área de cultivo de milho, que demonstram ambientes com maior grau de distúrbio, ou que apresentam comunidades microbianas sob condições desfavoráveis.

3.4 - Determinação de microorganismos por meio de análise de DNA

Os DNAs extraídos só apresentaram qualidade para a PCR após o processo de purificação. Com os DNAs puros, ou seja, livres de qualquer sujeira (polissacarídeos e os compostos fenólicos), houve amplificação dos mesmos em seis dos doze oligonucleotídeos utilizados. Através da eletroforese com gel de agarose 0,8% pode-se comparar a quantidade e a qualidade do DNA amplificado em cada tratamento.

Nesse sentido, para o fragmento do gene rDNA 18S e região intergênica, os primers que apresentaram amplificação do DNA foram NS1-NS2 e ITS3-ITS4, sendo que nos primeiros as bandas ficaram mais nítidas (Figura 8A). Como esse primer é universal para o grupo dos fungos, não tem como inferir qual é o tipo ou espécie de fungo encontrada nos

tratamentos. Somente 10M-C, 10M-S, 20M-S, 20I-S e 30M-C apresentaram amplificação do DNA com bandas monomórficas de 500 pares de bases (pb) (Figura 8A).

Já para o grupo das bactérias, os primers que apresentaram amplificação de DNA foram aqueles relacionados aos filos *Euryarchaeota*, *Crenarchaeota*, *Bacteroidetes* e *Firmicutes*. No entanto, foi com o primer *Firmicutes* que houve o maior número de tratamento com DNA amplificado (13 dos 14 avaliados) e as melhores bandas (Figura 6B).

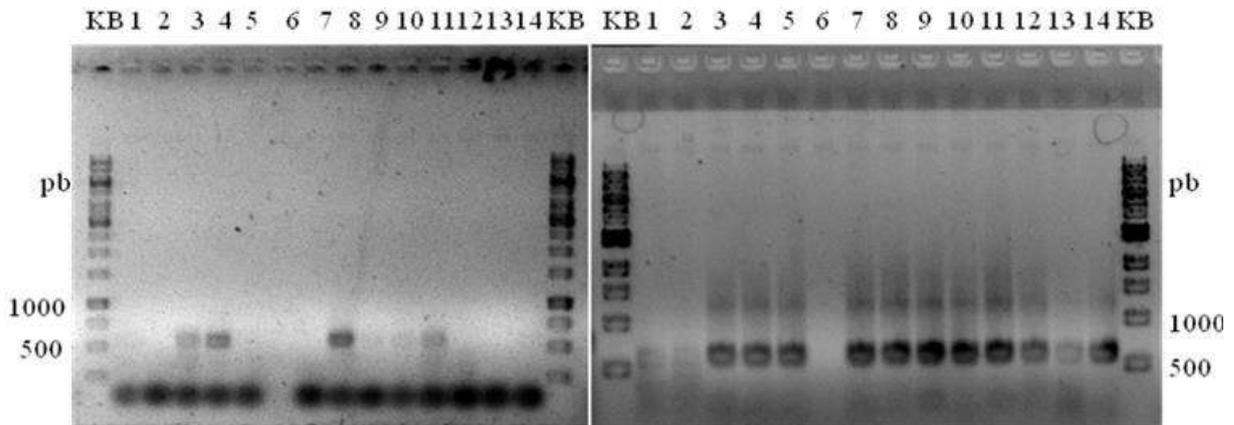


Figura 8: Amplificação por PCR dos segmentos dos genes que codificam (A) a região 18S do DNA genômico usando o primer *NS1-NS2*, e (B) o rRNA 16S, usando o primer *Firmicutes*. Em que: Kb - kilopares de bases; 1 a 14 - tratamentos.

De acordo com a Figura 8A pode-se observar que os tratamentos 10M-S e 20M-S apresentaram as bandas mais nítidas, e assim, maior quantidade e melhor qualidade de DNA amplificado, ou seja, nesses dois tratamentos a concentração de fungos é maior que nos demais. Talvez essa concentração esteja relacionada com a origem do *topsoil* (floresta em estágio médio), uma vez que somente o 20I-S apresentou um rastro de banda (pouco significativo). Nas testemunhas 0-C e 0-S não houve amplificação.

Já na Figura 8B pode-se observar um número maior de tratamentos com amplificação de DNA, mostrando que as bactérias desse filo são abundantes no *topsoil*, sendo 20I-C e 20I-S os tratamentos com maior concentração de indivíduos. O filo *Firmicutes* consiste em bactérias grampositivas aeróbias e anaeróbias, com representantes mais comuns nos gêneros *Bacillus* e *Clostridium*. Apresentam desenvolvimento rápido quando há nutrientes em quantidades suficientes, no entanto, prevalecem somente quando há condições de disponibilidade de nutrientes em áreas com baixa competição (ATLAS e BARTHA, 1997). Com isso, pode-se inferir que o *topsoil* favorece o desenvolvimento de microorganismos que, por sua vez, melhora o ambiente para o posterior estabelecimento vegetal da área.

3.5 - Análise da cobertura do solo

Os valores de cobertura do solo variaram em 3% para o tratamento 20I-C, e 19% para o 10I-S (Figura 9). Esses valores são considerados baixos em comparação aos valores encontrados por Silva (2012) ao avaliar a cobertura do solo de uma cascalheira por meio do uso de *topsoil* na estação seca e na estação chuvosa, com 66 e 82% de cobertura, respectivamente. No entanto, vale ressaltar que o *topsoil* desse estudo foi aplicado em fevereiro quando houve um forte veranico na região, o que proporcionou baixa regeneração e elevada mortalidade. Como o levantamento foi realizado na segunda semana de novembro, logo no início das chuvas, a maioria dos indivíduos encontrava-se em desenvolvimento inicial e por isso geraram uma cobertura do solo mínima nas parcelas.

Espera-se que com as chuvas consecutivas haja um aumento significativo dessa cobertura do solo, já que as espécies herbáceas e subarbusculares exercem um importante papel na proteção do solo contra processos erosivos, além de incorporar matéria orgânica ao solo e contribuir para a ciclagem de nutrientes (MARTINS *et al.*, 2002).

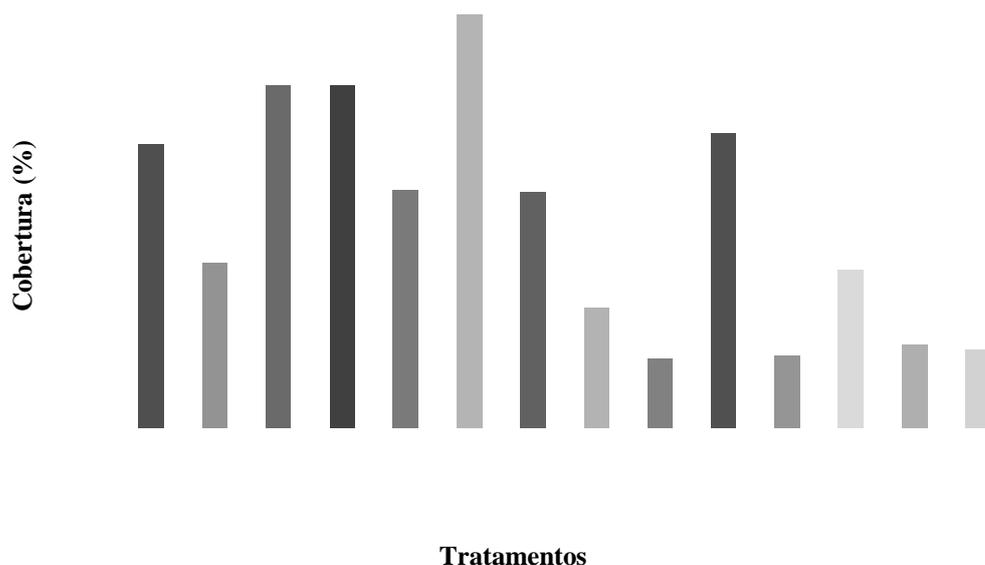


Figura 9: Percentual de cobertura do solo entre os diferentes tratamentos avaliados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Apesar do tratamento 10I-S ter apresentado o maior percentual de cobertura do solo, em relação à riqueza de espécies somente 12 espécies foram registradas nele, sendo o terceiro tratamento com menor número de espécies. Por outro lado, em relação ao número de indivíduos foi o segundo maior, com 440 (Quadro 5), que pode ser explicado pela dominância exercida pela espécie *Sida glaziovii* K. Schum, considerada um espécie ruderal que coloniza, principalmente, áreas destinadas a pastagem e se propaga por sementes (LORENZI, 2008).

As plantas ruderais habitam locais de baixo estresse ambiental e alta intensidade de distúrbio. Essas espécies são usualmente herbáceas, com rápido ciclo de desenvolvimento e alta produção de propágulos. Em seu processo evolutivo, as plantas gramíneas adquiriram grande agressividade, caracterizada por elevada e prolongada capacidade de produção de diásporos dotados de alta viabilidade e longevidade, que são capazes de germinar de maneira descontínua em muitos ambientes e caracterizam-se pela alta agressividade e baixa capacidade competitiva (GRIME, 1979).

A cobertura vegetal desenvolvida sobre os dois tipos de *topsoil* utilizados apresentou um total de 2929 indivíduos de hábitos herbáceo, arbustivo e subarbustivo. Sendo identificadas 33 espécies em 11 famílias e uma morfoespécie (Quadro 5). A família Asteraceae foi a que apresentou o maior número de espécies (9), seguida de Fabaceae (6), Convolvulaceae e Malvaceae (4) e Solanaceae (3) as demais apresentaram apenas uma espécie cada (Quadro 5). Já em relação ao número de indivíduos, as famílias que merecem destaque são a Malvaceae (1956 ind.), Poaceae (159 ind.) e Cyperaceae (149 ind.).

Vale ressaltar, que foram as espécies *Sida glasiovii*, *Brachiaria decumbens* e *Cyperus esculentus*, as responsáveis pelo alto número de indivíduos nas famílias Malvaceae, Poaceae e Cyperaceae, respectivamente (Quadro 5), sendo esses resultados influenciados pela síndrome de dispersão das mesmas, uma vez que, a autocoria e anemocoria são síndromes favorecidas por ambientes abertos, que proporcionam maior disseminação dos seus indivíduos.

Quadro 5: Relação das espécies herbáceas, arbustivas e subarbustivas registradas nos tratamentos avaliados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

FAMÍLIAS/ESPÉCIES	Com sombreamento											Sem sombreamento										
	Test.		Estágio Médio				Estágio Inicial					Test.		Estágio Médio				Estágio Inicial				
	SD	T1	T3	T7	T11	Total (CEM)	T5	T9	T13	Total (CEI)	Total (CS)	T2	T4	T8	T12	Total (SEM)	T6	T10	T14	Total (SEI)	Total (SS)	Total Geral
Amaranthaceae																						
<i>Amaranthus viridis</i>	Ane	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3	1	0	2	0	2	0	0	2	2	5	8
Asteraceae																						
<i>Ageratum conyzoides</i>	Ane	0	4	0	1	5	14	5	7	26	31	2	1	0	0	1	3	26	2	31	34	65
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Ane	0	0	2	0	2	1	4	4	9	11	0	1	1	0	2	3	0	0	3	5	16
<i>Melampodium paniculatum</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	15	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Tagetes minuta</i>	Ane	0	1	0	1	2	5	0	0	5	7	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	9
<i>Conyza bonariensis</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	4
<i>Ageratum fastigiatum</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	3	3
<i>Ermilia fosbergii</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2
<i>Gnaphalium coarctatum</i>	Ane	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2
<i>Siegesbeckia orientalis</i> L.	Auto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2
Commelinaceae																						
<i>Commelina benghalensis</i>	Auto	0	2	4	0	6	42	23	36	101	107	5	0	0	1	1	16	3	8	27	33	140
Convolvulaceae																						
<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hallier f.	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	5	0	0	0	0	5	5
<i>Dichondra microcalyx</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Ipomoea púrpura</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Ipomoea triloba</i>	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Cyperaceae																						
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Ane	0	0	2	0	2	13	35	65	113	115	0	1	2	2	5	3	8	18	29	34	149
Fabaceae																						
<i>Zornia reticulata</i>	Zoo	0	1	3	0	4	9	11	27	47	51	1	11	0	22	33	4	5	2	11	45	96
<i>Desmodium barbatum</i>	Zoo	0	3	0	4	7	2	1	5	8	15	0	2	3	0	5	0	2	0	2	7	22
<i>Aeschynomene denticulata</i>	Auto	0	0	2	0	2	1	3	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Auto	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	1	0	1	1	0	0	1	2	5
<i>Crotalaria incana</i> L.	Auto	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Stylosanthes viscosa</i>	Auto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

Quadro 5: Continuação...

FAMÍLIA/ESPÉCIES	Com sombreamento											Sem sombreamento										
	Test.		Estágio Médio				Estágio Inicial					Test.		Estágio Médio				Estágio Inicial				
	SD	T1	T3	T7	T11	Total (CEM)	T5	T9	T13	Total (CEI)	Total (CS)	T2	T4	T8	T12	Total (SEM)	T6	T10	T14	Total (SEI)	Total (SS)	Total Geral
Lamiaceae																						
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Auto	0	0	0	0	0	14	3	15	32	32	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	34
Malvaceae																						
<i>Sida glasiiovii</i>	Auto	150	6	17	6	29	138	151	100	389	568	258	53	16	4	73	368	553	25	946	1277	1845
<i>Sida rhombifolia</i>	Zoo	0	1	2	0	3	1	3	11	15	18	3	4	10	2	16	2	0	25	27	46	64
<i>Sidastrum micrantum</i>	Auto	0	7	7	0	14	3	2	1	6	20	1	3	3	2	8	0	0	1	1	10	30
<i>Sida cordifolia</i>	Zoo	0	1	0	1	2	1	2	0	3	5	3	1	0	5	6	1	2	0	3	12	17
Não identificada																						
Morfoespécie 1	Ane	0	9	20	6	35	6	9	7	22	57	0	20	7	6	33	21	12	12	45	78	135
Poaceae																						
<i>Brachiaria decumbens</i> (Stapf) R.D. Webster	Ane	0	1	0	0	1	12	16	30	58	59	11	7	4	2	13	4	11	10	25	49	108
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Ane	0	0	0	0	0	6	0	17	23	23	0	0	1	0	1	17	10	0	27	28	51
Rubiaceae																						
<i>Diodia teres</i> Walt.	Zoo	0	0	0	0	0	0	12	0	12	12	0	0	2	44	46	0	0	3	3	49	61
Solanaceae																						
<i>Physalis angulata</i>	Zoo	0	0	1	0	1	0	3	1	4	5	0	1	0	0	1	3	9	0	12	13	18
<i>Datura stramonium</i> L.	Zoo	0	2	2	0	4	0	0	1	1	5	0	1	1	2	4	0	3	2	5	9	14
<i>Solanum viarum</i>	Zoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Total indivíduos		150	33	61	18	121	248	274	320	902	1173	284	108	52	96	268	440	619	107	1204	1718	2929
Total espécies		1	10	11	5	18	13	14	15	25	27	8	14	13	13	27	11	12	11	21	31	34

Em que: SD = síndrome de dispersão; T1 a T14 = tratamentos; CEM = com sombreamento estágio médio; CEI = com sombreamento estágio inicial; CS = com sombreamento; SEM = sem sombreamento estágio médio; SEI = sem sombreamento estágio inicial; e SS = sem sombreamento.

As espécies anemocóricas apresentaram a maior proporção (50%), seguida das autocóricas (25%) e das zoocóricas (23%). *Cyperus esculentus* é exemplo de espécie anemocórica, pois produz sementes e propágulos vegetativos que têm grande potencial para colonização e reprodução (CHRISTOFFOLETI, 1997). Porém, quando se tratou de número de indivíduos, houve uma inversão nas proporções dos autocóricos (70%) e dos anemocóricos (20%), seguidos dos zoocóricos (12%). Assim, *Sida glasiowii* com 1845 indivíduos representa bem essa proporção, já que lançam seus propágulos em locais distantes para evitar condições adversas ao redor da planta-mãe, como o ataque de inimigos naturais, a intensa competição intra-específica e o endocruzamento (JANZEN, 1970 e CONNELL, 1971) (Figura 10).

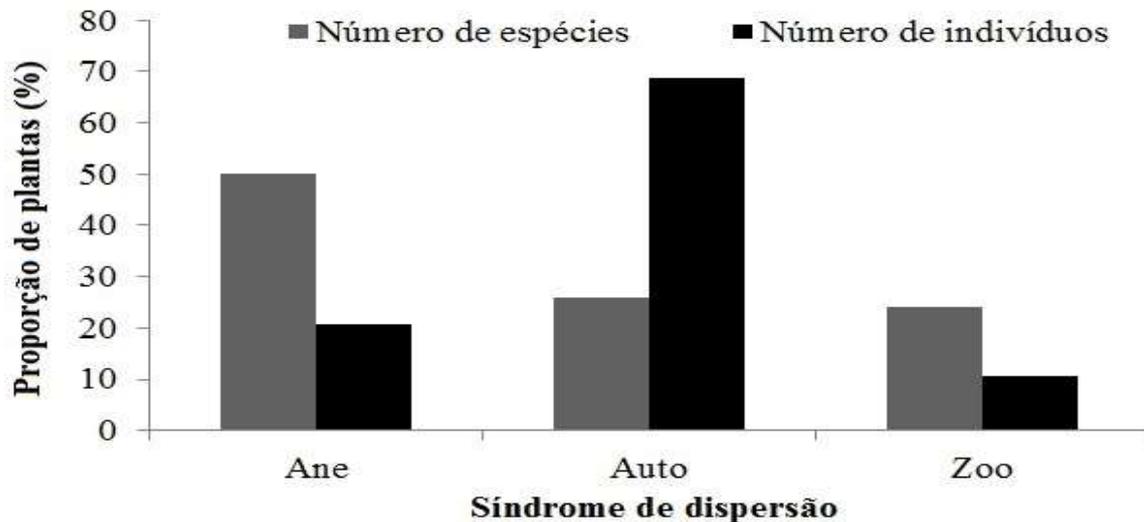


Figura 10: Percentual de espécies e indivíduos herbáceos, subarbustivos e arbustivos de acordo com a síndrome de dispersão registrados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

A distribuição da abundância de indivíduos herbáceos, subarbustivos e arbustivos nas diferentes guildas de dispersão variou entre as origens do *topsoil*, associado ou não ao uso de sombreamento (Quadro 6), o que indica a interferência do *topsoil* de floresta em estágio inicial nas proporções de indivíduos autocóricos e anemocóricos, e do *topsoil* de floresta em estágio médio nas proporções de indivíduos zoocóricos.

Contudo, observou-se que a presença de sombreamento favoreceu os indivíduos anemocóricos, ao aumentar o número dos mesmos em comparação com o registrado na ausência de sombreamento. Logo, constatou-se diferença significativa, tanto entre as guildas de dispersão como entre as origens de *topsoil* (Quadro 6).

Quadro 6: Quadro de contingência com as frequências observadas e esperadas (entre parênteses) de indivíduos herbáceos, arbustivos e subarbustivos por guilda de síndrome de dispersão em duas origens de *topsoil* com e sem sombreamento

Síndrome de dispersão	Origem do <i>topsoil</i>				Qui-quadrado	
	FEI-SS	FEI-CS	FEM-SS	FEM-CS	X ²	p
Anemocórica	164 (270,7)	276 (202,8)	73 (60,3)	48 (27,2)	82,862	0,000 *
Autocórica	976 (795,3)	536 (595,8)	84 (177,0)	52 (79,9)	56,156	0,000 *
Zoocórica	64 (138,0)	90 (103,4)	111 (30,7)	21 (13,9)	43,935	0,000 *
X ²	263,87	1607,23	748,76	2257,48		
P	0,000 *	0,000 *	0,000 *	0,000 *		

Em que: FEI-SS = floresta em estágio inicial sem sombreamento; FEI-CS = floresta em estágio inicial com sombreamento; FEM-SS = floresta em estágio médio sem sombreamento; FEM-CS = floresta em estágio médio com sombreamento. *p<0,05

3.5.1 - Florística e fitossociologia das espécies arbóreas

O levantamento florístico do estrato arbóreo registrou a presença de 235 indivíduos pertencentes a 21 espécies e 14 famílias, e duas espécies sem identificação classificadas como morfoespécies (Quadro 7). A família que apresentou maior riqueza de espécies foi a Fabaceae (4), seguida da Rutaceae, Solanaceae, Myrtaceae e Asteraceae (2).

No entanto, a família que apresentou o maior número de indivíduos foi a Siparunaceae com 133 indivíduos da espécie *Siparuna guianensis* Aubl., conhecida como folha santa, pertencente ao grupo ecológico das secundárias tardias e de sub-bosque. Apresenta ampla distribuição, sendo encontrada em altas densidades em diversos levantamentos realizados na região (PRADO JÚNIOR *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011). Não possui grande longevidade, mas é uma espécie de pequeno porte com grande plasticidade ecológica (DURIGAN *et al.*, 2002), que a confere alta capacidade de colonização e importância na comunidade arbórea (PRADO JUNIOR *et al.*, 2012).

Pode-se associar essa abundância de *Siparuna guianensis* Aubl., a origem do *topsoil*, que carrega consigo a memória vegetal local, sendo portanto, um fator determinante na regeneração. Porém, tais resultados também sofreram influência da presença de sombreamento nas parcelas que facilitou a germinação das espécies secundárias em detrimento das pioneiras (Quadro 7), devido à reprodução do microclima inerente a esse grupo (tolerantes à sombra e ou sub-bosque).

Quadro 7: Relação das espécies arbóreas registradas nos tratamentos avaliados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

FAMÍLIAS/ESPÉCIES	Com sombreamento											Sem sombreamento											
	Test.		Estágio Médio					Estágio Inicial				Test.		Estágio Médio					Estágio Inicial				
	GE	SD	T1	T3	T7	T11	Total (CEM)	T5	T9	T13	Total (CEI)	Total (CS)	T2	T4	T8	T12	Total (SEM)	T6	T10	T14	Total (SEI)	Total (SS)	Total Geral
Annonaceae																							
Xylopia sericea A. St.-Hil.	P	Zoo	0	1	2	1	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5
Asteraceae																							
Eremanthus crotonoides (DC.) Sch. Bip.	P	Ane	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Vernonia densiflora Gardner	P	Ane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Bignoniaceae																							
Sparattosperma leucanthum (Vell.) K. Schum.	SI	Ane	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Canabaceae																							
Trema micrantha (L.) Blume	P	Zoo	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Fabaceae																							
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	SI	Auto	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4
Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.	SI	Ane	0	1	2	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F. Macbr.	P	Auto	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	3
Plathymenia foliolosa Benth.	SI	Ane	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
Morfoespécie 2	SC	Auto	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2
Lamiaceae																							
Aegiphila sellowiana Cham.	P	Zoo	0	0	1	0	1	0	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
Malvaceae																							
Luehea grandiflora Mart.	P	Ane	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Cont..

Quadro 7: Continuação...

FAMÍLIA/ESPÉCIES	Com sombreamento												Sem sombreamento										Total Geral		
	Test.		Estágio Médio					Estágio Inicial					Test.		Estágio Médio					Estágio Inicial					
	GE	SD	T1	T3	T7	T11	Total (CEM)	T5	T9	T13	Total (CEI)	Total (CS)	T2	T4	T8	T12	Total (SEM)	T6	T10	T14	Total (SEI)	Total (SS)			
Myrtaceae																									
Campomanesia xanthocarpa Mart. ex O. Berg	ST	Zoo	0	1	0	0	1	3	0	1	4	5	0	1	0	0	1	0	0	2	2	3	8		
Myrcia splendens (Sw.) DC.	ST	Zoo	0	1	0	0	1	0	2	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5		
Rubiaceae																									
Morfoespécie 1	SC	Zoo	0	0	0	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
Rutaceae																									
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	ST	Zoo	0	0	2	4	6	1	0	1	2	8	0	0	1	2	3	1	0	3	4	7	15		
Dictyoloma vandellianum A.H.L. Juss	P	Ane	0	0	1	3	4	0	1	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
Salicaceae																									
Casearia arborea (Rich.) Urb.	SI	Zoo	0	0	2	1	3	0	0	0	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	5		
Sapindaceae																									
Matayba elaeagnoides Radlk.	SI	Zoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	2	2		
Siparunaceae																									
Siparuna guianensis Aubl.	ST	Zoo	0	44	44	33	121	6	1	1	8	129	0	1	2	1	4	0	0	0	0	4	133		
Solonaceae																									
Solanum mauritianum Scop.	P	Zoo	0	2	4	1	7	0	0	0	0	7	0	2	0	1	3	0	2	0	2	5	12		
Solanum lycocarpum A. St.-Hil.	P	Zoo	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9		
Urticaceae																									
Cecropia hololeuca Miq.	P	Zoo	0	0	1	5	6	0	0	0	0	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	7		
Total de indivíduos	-	-	1	52	66	54	172	10	7	4	21	194	7	4	10	8	22	1	2	9	12	41	235		
Total de espécies			1	7	14	11	20	3	5	4	7	21	1	3	9	6	12	1	1	6	7	17	23		

Em que: GE = grupo ecológico; SD = síndrome de dispersão; T1 a T14 = tratamentos; CEM = com sombreamento estágio médio; CEI = com sombreamento estágio inicial; CS = com sombreamento; SEM = sem sombreamento estágio médio; SEI = sem sombreamento estágio inicial; e SS = sem sombreamento.

Em relação à riqueza encontrada em cada tratamento observou-se que 20M-C foi o tratamento que apresentou o maior número de espécies (14), seguido do 30M-C (10) e do 10M-C (7). Com isso, pode-se inferir que os fatores que proporcionaram melhores condições para regeneração natural foram a origem do *topsoil* e o sombreamento, já que todos os tratamentos citados acima diferenciam apenas na espessura, sendo 20 cm a camada que proporcionou a melhor regeneração (Quadro 7).

O índice de Shannon de 1,91 é considerado baixo, e pode ser explicado pela alta densidade de indivíduos de *Siparuna guianensis* Aubl. (Quadro 8), que é uma espécie secundária que teve sua germinação favorecida pela presença de sombreamento. Entretanto, com a retirada desse fator, o índice de Shannon tende a aumentar, já que a entrada de luz será maior, o que possibilitará novas germinações do banco de sementes.

Quadro 8: Relação dos dados fitossociológicos das espécies arbóreas registradas nos tratamentos avaliados na área experimental da fazenda “Passa Sete”, município de Conceição do Mato Dentro, MG

ESPÉCIES	NI	NP	FA (%)	DA (ind.ha ⁻¹)	FR (%)	DR (%)	RN (%)
<i>Siparuna guianensis</i>	133	18	42,86	1266,67	20,00	56,6	38,3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	15	10	23,81	142,86	11,11	6,38	8,75
<i>Solanum mauritianum</i>	12	9	21,43	114,29	10,00	5,11	7,55
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	8	5	11,90	76,19	5,56	3,4	4,48
<i>Myrcia splendens</i>	5	5	11,90	47,62	5,56	2,13	3,84
<i>Cecropia hololeuca</i>	7	4	9,52	66,67	4,44	2,98	3,71
<i>Solanum lycocarpum</i>	9	3	7,14	85,71	3,33	3,83	3,58
<i>Xylopia sericea</i>	5	4	9,52	47,62	4,44	2,13	3,29
<i>Casearia arborea</i>	5	4	9,52	47,62	4,44	2,13	3,29
<i>Dictyoloma vandellianum</i>	5	4	9,52	47,62	4,44	2,13	3,29
<i>Aegiphila sellowiana</i>	4	4	9,52	38,1	4,44	1,7	3,07
<i>Plathymenia foliolosa</i>	3	3	7,14	28,57	3,33	1,28	2,3
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	4	2	4,76	38,1	2,22	1,7	1,96
<i>Eremanthus crotonoides</i>	3	2	4,76	28,57	2,22	1,28	1,75
<i>Apuleia leiocarpa</i>	3	2	4,76	28,57	2,22	1,28	1,75
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	3	2	4,76	28,57	2,22	1,28	1,75
<i>Matayba elaeagnoides</i>	2	2	4,76	19,05	2,22	0,85	1,54
Morfoespécie 2	2	2	4,76	19,05	2,22	0,85	1,54
Morfoespécie 1	3	1	2,38	28,57	1,11	1,28	1,19
<i>Vernonia densiflora</i>	1	1	2,38	9,52	1,11	0,43	0,77
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	1	1	2,38	9,52	1,11	0,43	0,77
<i>Trema micrantha</i>	1	1	2,38	9,52	1,11	0,43	0,77
<i>Luehea grandiflora</i>	1	1	2,38	9,52	1,11	0,43	0,77
Total	235	90	214,29	2238,1	100	100	100

Em que: NI = número de indivíduos; NP = número de parcelas; FA (%) = frequência absoluta; DA = densidade absoluta; FR (%) = frequência relativa; DR (%) = densidade relativa; RN (%) = índice de regeneração.

Ao compararmos as proporções de espécies e indivíduos pertencentes aos três grupos ecológicos, observou-se que 53% das espécies são pioneiras; por outro lado, 69% dos indivíduos são de espécies secundárias tardias, o que vai de encontro aos valores esperados para uma área em regeneração natural onde aproximadamente 62% de indivíduos são das espécies pioneiras e secundárias iniciais (SANTOS *et al.*, 2003), uma vez que a grande abundância de espécies secundárias tardias é um indicativo do estágio de maturidade da vegetação (PRADO JUNIOR *et al.*, 2010). A explicação para isso está na utilização de *topsoil* oriundo de floresta em estágio médio, que carrega em seu banco de sementes espécies de estágio sucessional avançado (secundárias tardias, tolerantes à sombra e de sub-bosque), que acabaram sendo favorecidas pelo sombreamento do mesmo.

Contudo, constatou-se diferença significativa para as guildas e, para as origens de *topsoil*, apenas para secundária inicial, dispersão autocórica e *topsoil* de floresta em estágio médio (Quadro 9)

Quadro 9: Quadro de contingência com as frequências observadas e esperadas (entre parênteses) de indivíduos arbóreos por guildas de grupos ecológicos e síndrome de dispersão em duas origens de *topsoil* com e sem sombreamento

Guildas	Origem do <i>topsoil</i>				Qui-quadrado	
	FEI-SS	FEI-CS	FEM-SS	FEM-CS	X ²	P
Grupos ecológicos						
Pioneira	5 (2,3)	4 (4,1)	7 (4,1)	27 (32,5)	2,863	0,105
Secundária inicial	0 (1,0)	0 (1,7)	6 (1,7)	12 (13,6)	1,172	0,003 *
Secundária tardia	7 (8,7)	17 (15,2)	8 (15,2)	129 (121,8)	0,636	0,222
X ²	4,820	1,000	128,420	13,430		
P	0,112	0,385	0,000 *	0,459		
Síndrome de dispersão						
Anemocórica	1 (0,9)	1 (1,6)	2 (1,6)	13 (12,9)	0,209	0,954
Autocórica	0 (0,4)	0 (0,7)	3 (0,7)	4 (5,3)	0,199	0,022 *
Zoocórica	11 (10,7)	20 (18,7)	16 (18,7)	151 (149,8)	0,038	0,919
X ²	0,284	0,080	127,620	12,530		
P	0,821	0,613	0,013 *	0,849		

Em que: FEI-SS = floresta em estágio inicial sem sombreamento; FEI-CS = floresta em estágio inicial com sombreamento; FEM-SS = floresta em estágio médio sem sombreamento; FEM-CS = floresta em estágio médio com sombreamento. *p<0,05

A redução significativa na porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras em relação à porcentagem de indivíduos de espécies secundárias tardias está relacionada à alta densidade da *Siparuna guianensis* Aubl., que é uma espécie secundária tardia e foi

responsável pelo maior número de indivíduos de todo o levantamento florístico. A mesma redução foi observada por Prado Júnior *et al.* (2010), só que relacionada a baixa densidade das pioneiras, que foram representadas por apenas um indivíduo.

Outra explicação para essa redução pode está relacionada à presença de sombreamento em alguns tratamentos que facilita a regeneração das secundárias tardias, por serem tolerantes à sombra (sub-bosque), ao invés das pioneiras. Nesse sentido, o sombreamento proporcionado pelo dossel de outras espécies possibilitou a regeneração de espécies de etapas serais mais avançadas, como *Clusia parviflora*, *Cabralea canjerana*, *Pisidium cattleianum*, *Nectandra oppositifolia* e *N. membranacea* (KLEIN *et al.*, 2009).

Para o sucesso do processo de restauração, se faz necessária uma interação entre os fatores fundamentais para sustentabilidade do ecossistema como a interação planta-animal que facilita a incorporação da diversidade na área (SILVA, 2003), já que a composição florística e a distribuição dos propágulos que compõem o banco de sementes são afetadas tanto pelos tipos de dispersão das espécies presentes na área quanto por aqueles adotados pelas espécies das áreas adjacentes (JOLY, 1986). Assim, a contribuição de diferentes fontes de propágulos determina a estrutura da comunidade florestal, sendo essencial proteger os remanescentes de florestas para manter essas fontes (ESPÍNDOLA *et al.*, 2003).

Há grande vantagem nas espécies que possuem os animais como seus agentes dispersores, pois estes não apenas garantem sua disseminação na área como também adicionam outras espécies importantes, cujas sementes são vinculadas em suas fezes (SILVA, 2003). Nesse sentido, as proporções encontradas neste estudo para o número de espécies (57%) e de indivíduos (88%) com dispersão zoocórica, corroboram com Silva (2013) que observou como síndrome de dispersão predominante entre as espécies a zoocoria (87,5%).

Nas florestas tropicais, a forma mais frequente de dispersão das sementes é a zoocoria. Cerca de 60% a 90% das espécies vegetais dessas florestas são adaptadas a esse tipo de transporte de propágulos (MORELLATO e FILHO, 1992), que envolve animais mais generalistas do que na polinização, ou seja, uma espécie que possui fruto zoocórico, geralmente, atrai animais de espécies, habitats, tipos e tamanhos bastante distintos (REIS *et al.*, 2006), além de aumentar a abundância de recursos do local (PRADO JUNIOR *et al.*, 2010).

Dentre as espécies zoocóricas registradas neste estudo, *Aegiphila sellowiana* e *Trema micrantha* são muito importantes na restauração de áreas degradadas, pois, com o seu desenvolvimento, podem atuar como plantas “bagueiras” e acelerarem o processo sucessional, ao atraírem dispersores de sementes, substituírem, gradativamente, as gramíneas pelo

crecente sombreamento, incrementarem os nutrientes do solo e modificarem as condições microclimáticas (HOLL, 1998; REIS *et al.*, 1999; ZIMMERMANN, 2001; BACKES e IRGANG, 2004; KRIECK *et al.*, 2008).

3.5.2 - Riqueza de espécies e abundância de indivíduos arbóreos

Os resultados para o número de espécies e indivíduos registrados em cada tratamento mostrou diferença significativa ($p = 0,001$ e $p = 0,000$, respectivamente) entre os mesmos, sendo necessária a realização do teste Dunnett para comparar os tratamentos com as testemunhas adicionais. Com o teste, observou-se que, para o número de espécies, os tratamentos 20M-C e 30M-C foram os únicos que diferiram de ambas as testemunhas. Já para o número de indivíduos, os tratamentos que diferiram das duas testemunhas foram 10M-C, 20M-C e 30M-C (Quadro 10).

Quadro 10: Comparação entre os números de espécies e indivíduos arbóreos de cada tratamento com os das testemunhas adicionais (0-C e 0-S).

Tratamento	Nº de espécies		Nº de indivíduos	
	0-C (0,333)	0-S (0,333)	0-C (0,333)	0-S (2,333)
0-C	-	0,333 ns	-	0,333 ns
0-S	0,333 ns	-	2,333 ns	-
10M-C	3,000 ns	3,000 ns	17,333 *	17,333 *
10M-S	1,333 ns	1,333 ns	1,333 ns	1,333 ns
10I-C	1,667 ns	1,667 ns	3,333 ns	3,333 ns
10I-S	0,333 ns	0,333 ns	0,333 ns	0,333 ns
20M-C	6,333 *	6,333 *	22,000 *	22,000 *
20M-S	3,333 ns	3,333 ns	3,333 ns	3,333 ns
20I-C	2,333 ns	2,333 ns	2,333 ns	2,333 ns
20I-S	0,000 ns	0,000 ns	0,667 ns	0,667 ns
30M-C	5,333 *	5,333 *	18,000 *	18,000 *
30M-I	2,000 ns	2,000 ns	2,667 ns	2,667 ns
30I-C	1,333 ns	1,333 ns	1,333 ns	1,333 ns
30I-S	2,000 ns	2,000 ns	3,000 ns	3,000 ns

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Dunnett a 5%.

Nas comparações com as testemunhas, percebe-se que os fatores determinantes foram o *topsoil*, oriundo de Floresta em estágio médio e a presença de sombreamento nos tratamentos, fato que foi comprovado com o desdobramento da única interação significativa na ANOVA fatorial, *topsoil* x sombreamento para o número de indivíduos registrados nos tratamentos (Quadro 11).

Quadro 11: Teste de média para o número de indivíduo no desdobramento da interação (*topsoil* x sombreamento).

Origem do <i>topsoil</i>	Com sombreamento	Sem sombreamento
Estágio médio	19,11 a	2,44 a
Estágio inicial	2,33 b	1,33 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5%.

Nesse sentido, observa-se que, aproximadamente, 91% das espécies identificadas ocorreram nos tratamentos com sombreamento, sendo que, destas, 95% foram registradas nos tratamentos com *topsoil* oriundo de Floresta em estágio médio, da mesma forma, observa-se que 86% dos indivíduos ocorreram nos tratamentos com sombreamento com 90% deles nos tratamentos com *topsoil* oriundo de Floresta em estágio médio (Quadro 6).

Das cinco espécies com maior número de indivíduos e melhores índices de regeneração, quatro *Siparuna guianensis*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Myrcia splendens* são espécies secundárias tardias tolerantes à sombra com ocorrência em sub-bosque. Isso evidencia o efeito positivo proporcionado pelo sombreamento. Uma vez que uma área que está em recuperação, há apenas nove meses, apresenta grande número de espécies e indivíduos de estágios sucessionais avançados.

Prado Junior *et al.* (2010) observaram que, das vinte espécies com maior VI, uma foi classificada como pioneira, 12 como secundárias iniciais e sete como secundárias tardias. Analisando a densidade relativa por grupo, observou-se o maior valor apresentado pelas espécies secundárias iniciais. Entretanto, quando analisada a dominância relativa, os dados apresentados pelas secundárias tardias foram superiores às demais, já que, geralmente, são espécies de grande longevidade e atingem grande porte nas formações florestais.

Esse resultado vem comprovar que, ainda que as espécies secundárias tolerantes à sombra possam se desenvolver e se estabelecer tanto à sombra (sub-bosque) como em clareiras (SWAINE e WHITMORE, 1988), seus melhores desempenhos estão relacionados ao ambientes sombreados.

4 - CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) a espessura que apresentou melhor índice de regeneração natural, seja quanto à diversidade de espécies como ao número de indivíduos, foi a de 20 cm;
- b) o sombreamento exerceu influência positiva à regeneração natural do banco de sementes, possibilitando condições favoráveis ao estabelecimento das espécies;
- c) a origem do *topsoil* exerceu influência positiva sendo o *topsoil* sob Floresta em estágio médio o que apresentou os melhores resultados florísticos.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. D'A. de. **Uso da camada superficial de solo na revegetação do estéril da extração de granito**. 2006. 57p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.933-942, 1999.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa -MG, CFSEMG. p.25-32, 1999.

ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA NETO, J. A. A.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.983-992, 2005.

ATLAS, R. M., BARTHA, R., *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. **Addison Wesley Longman**. Boston-USA , 4th ed., p.694, 1997..

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Paisagem do Sul, Porto Alegre, Brasil, p.393, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, cap.2, p. 9-26. 1999.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Intervalo hídrico ótimo e a produção de soja e arroz em dois latossolos. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n.2, p. 181-192, 2004.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *The nature and properties of soils*. **Prentice Hall**. New Jersey-USA, 12th ed., p.14-15, 1999.

BRANDT MEIO AMBIENTE. **Plano de utilização pretendida inventário florestal** (PTRF - projeto técnico de reconstituição da flora). Conceição do Mato Dentro, MG. p.167, 2010.

BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. **H. Blume Ediciones**. Madrid-ESP, p.820, 1979.

CALEGARI, L. et al. Caracterização do banco de sementes de espécies arbustivo-arbóreas para fins de restauração florestal de área degradada por mineração, Carandaí, MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 7., 2008, Curitiba. **Anais...**Curitiba, SOBRADE, 2008. p.135-146.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS. Viçosa, MG. v.1, p.769-850. 2007.

CASAGRANDE, J. C.; SATO, C. A.; REIS-DUARTE, R. M.; SANTOS, D. A.; GALVÃO-BUENO, M. S. Avaliação da Salinidade de Solos da Floresta de Restinga do Parque Estadual da Ilha Anchieta - SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, **Resumo...**, Gramado-RS. p.57, 2006.

CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M. Physical attributes of kaolinitic and oxidic oxisols resulting from different usage systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.5, p.725-732, 2004.

CHAER, G. M. **Modelos para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e biológicos**. 2001. 89p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia das plantas daninhas: importância para o manejo de plantas daninhas. **Weed Science**, Vancouver, v.45, n.3, p.349-356, 1997

CONNELL, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and rain forest trees. In: DEN BOER, P.J. & GRADWELL, G.R. (Ed.). **Dynamics of populations. Proceedings of the advanced study institute of Dynamics of Numbers in Populations**. Wageningen, Oosterbeek: Center for Agricultural Publishing and documentation. 1971. p. 298-310.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.289-298, 1999.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, v.1, p.389-411, 1999.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de área degradada**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, p.27-44, 1998.

DUARTE, R. M. R.; CASAGRANDE, J. C. A interação solo-planta na recuperação de áreas degradadas. In: BARBOSA, L.M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. Instituto de Botânica, São Paulo, SP. p.52-69, 2006.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C. A vegetação do Estado de São Paulo. In: ARAÚJO, L.; MOURA, A. N.; SAMPAIO, E. S. B.; GESTINARI, L. M. S. G.; CARNEIRO, J. M. T. (Eds.). **Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil**. Imprensa Universitária, UFRPE, Recife-PE, p. 53-54, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2. ed. p.306, 2006.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.6, p. 1097-1104, 2003.

FERREIRA JÚNIOR, W.G. **Composição, estrutura e análise de gradiente em floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG**. 2005. 126 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Comunicado Técnico: EMBRAPA/CNPAB, n.09, p. 1- 9, 1992.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p.227-244, 1999.

GRIME, J. P. **Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la Vegetación**. Mexico, D.F.: Noriega, p.79-87, 1979.

HANDELSMAN, J. Metagenomics: application of genomics to uncultured microorganisms. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Washington, v.68, n.4, p.669-685, 2004.

HOLL, K. D. Do bird perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? **Ecological Restoration**, Washington, v.6 , n.3, p.253-261, 1998.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro-RJ, n.1, 1992.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.1, p.118-127, 2008.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in Tropical Forests. **American Naturalist**, Chicago, v.104, p.501-528, 1970.

KIRCHMAN, D. L. The ecology of Cytophaga Flavobacteria in aquatic environments. **FEMS Microbiology Ecology**, Malden, v.39, n.1, p.91-100, 2002.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. Plantas infestantes e nocivas. **Tomo III**. Basf, São Paulo-SP, 2. ed. V., p. 2000.

KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; LOPES, R. P.; SANTOS, R. dos. Regeneração natural em área degradada pela mineração de carvão em Santa Catarina, Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.62, n.3, p.297-304, 2009.

KOPEZINSKI, I. **Mineração X meio ambiente**: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Ed. da UFRGS, Porto Alegre-PR, p.103, 2000.

KRIECK, C. A.; FINK, D.; ZIMMERMANN, C. E. *Ficus cestrifolia* (Moraceae) como poleiro natural: uma estratégia em projetos de restauração de áreas degradadas. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.6, n.1, p.46-55, 2008.

LANDON, J.R. (Ed.) **Booker tropical soil manual**. London: Booker, p.450, 1984.

LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I.; PRADO JÚNIOR, J. A. do; GUSSON, A.; SOUZA NETO, A. R.; VALE, V. S. do.; DIAS NETO, O. C. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, na Fazenda experimental do Glória, Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.2, p.322-335, 2011.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Plantarum, São Paulo-SP, p.608, 2008.

MAGURRAN, A.E. Measuring biological diversity. **Blackwell Science**, Oxford, p. 256, 2004.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009a. 270p.

MARTINS, S. V., RIBEIRO, G. A., SILVA JUNIOR, W. M.; NAPPO, M. E. Regeneração pós-fogo em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.12, n.1, p.11-19. 2002.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, version 6**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon-USA, 2011.

MONACO, L. M.; MESQUITA, R. C. G.; WILLIAMSON, G. B. Banco de sementes de uma floresta secundária amazônica dominada por *Vismia*. **Acta Amazônica**, Manaus, v.33, p.41-52, 2003.

MOREIRA, P. R. **Manejo de solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita**, Poços de Caldas, MG. 2004. 139p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Piracicaba - SP.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). **Historia Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP; FAPESP, cap. 7. p.112-141,1992.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Wiley and Sons, p. 574, 1974

NUNES, Y. R. F., MENDONÇA, A. V. R., BOTEZELLI, L., MACHADO, E. L. M., OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botânica Brasileira**. Feira de Santana, v. 17, n. 2, p.213-129, 2003.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, p.265-270, 2007.

PINHEIRO, C. Q. **Avaliação da recuperação da cascalheira do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos**. 2008. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília-DF.

PRADO JÚNIOR, J. A. do.; LOPES, S. F.; VALE, V. S. do.; DIAS NETO, O. C.; SCHIAVINI, I. Comparação florística, estrutural e ecológica da vegetação arbórea das fitofisionomias de um remanescente urbano de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.3, p.456-471, 2012.

PRADO JÚNIOR, J. A.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A.; GUSSON, A. E.; DIAS NETO, O. C.; LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I. Estrutura da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizada na reserva legal da Fazenda Irara, Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.4, p.638-647, 2010.

PRIMACK, R.; MASSARDO, F. Restauración ecológica. In: PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F. **Fundamentos de conservación biológica perspectivas latino americanas**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, p.559-579, 1998.

REICHENBACH, H. Biology of the myxobacteria: ecology and taxonomy, In M. Dworkin and D. Kaiser (ed.), Myxobacteria II. **American Society for Microbiology**, Washington, D.C, p.13-62, 1993.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Série Cadernos da Biosfera**, v.14, p.1-42, 1999.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; TEIXEIRA FILHO, A.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade mineraria, na floresta amazônica, empregando métodos

geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo. **Acta Amazônica**, Manaus, v.36, n.1, p.83-90, 2006.

RIESENFELD, C. S.; SCHLOSS, P. D.; HANDELSMAN, J. Metagenomics: genomic analysis of microbial communities. **Annual Review of Genetics**, United states, v.38, p.525-352, 2004.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: HUCITEC - Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2.ed. p.374, 1997.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. de.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta Estacional Semidecidual em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.1, p.25-35, 2007.

RUIVO, M de. L. P. **Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. p.101, 1998.

SAGOVA-MARECKOVA, M.; CERMAK, L.; NOVOTNA, J.; PLHACKOVA, K. FORSTOVA, J.; KOPECKY, J. Innovative methods for soil DNA purification tested in soils with widely differing characteristics. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.74, n.1, p. 2902-2907, 2008.

SANTOS, R.; LEAL FILHO, L. S.; CITADINI-ZANETTE, V. **Reabilitação de ecossistemas degradados pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina, Brasil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PMI/205, p.1-20, 2003.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Diagnóstico Municipal** – Conceição do Mato Dentro. p.1-148, 2000.

SILVA, E. E da.; AZEVEDO, P. H. S de.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana (BMS-C)**. Comunicado Técnico: EMBRAPA, Seropédia-RJ. n. 98, p.1-6, 2007.

SILVA, R. R. da.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob Diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.1585-1592, 2010.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu-SP, 1ª ed, cap 4, p.79-90, 2003.

SOUZA, M.N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 2004. 371p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SWAINE, M.O.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, Missouri, v.75, p.81-86,1988.

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; TONGEREN, O. F. R. van (Eds.). **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge University, Cambridge. p.91-173, 1995.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ VENEGAS, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F. de; MELLO, J.W.V. de; COSTA, L.M. da. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, p.195-276, 2002.

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

VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Austrália, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

VOLPATO, M. M. L. **Regeneração natural em uma Floresta Secundária no Domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica**. 1994. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

WANG, S. LI, Z.; FAN, G. Comparison of methods for total community DNA extraction and purification from soilless substrate. **African Journal of Microbiology**. China, v.6, n.13, p.3270-3276, 2012.

WILLSON, M.F. The Ecology of Seed dispersal. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 1992. p. 61-85.

ZIMMERMANN, C. E., O uso da grandúva, *Trema micrantha* (Ulmaceae), na recuperação de áreas degradadas: o papel das aves que se alimentam de seus frutos. **La Tangara**, Nicarágua, v.1, n.4, p.177-182, 2001.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transposição da camada superficial do solo (*topsoil*), resultante abertura de lavras de mineração em diferentes fisionomias como florestas estacionais semidecíduais e campos rupestres, tornou-se uma alternativa que contribui de forma significativa para a formação do solo e ativação do processo de sucessão ecológica dessas e outras áreas degradadas. Nesse sentido, esta técnica apresentou resultados eficientes na recuperação da pilha de estéril e da pastagem degradada em estudo, uma vez que proporcionou uma rápida cobertura do solo por meio das gramíneas nativas do banco de sementes e exóticas oriundas do em torno da área, como também favoreceu o estabelecimento inicial de espécies arbóreas do seu banco de sementes que gerou uma diversidade florística capaz de atrair agentes polinizadores e dispersores, impulsionando a sustentabilidade da área em recuperação.

ANEXOS

Quadro 1: Resumo da ANOVA dos atributos químicos do *topsoil* avaliado

FV	pH		P		K		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	F	P	F	p	F	P	F	p	F	p
Trat	2,060	0,057 ^{ns}	2,770	0,013*	6,534	0,000*	12,489	0,000*	0,604	0,829 ^{ns}
Bloco	1,250	0,303	38,806	0,000	3,302	0,053	0,763	0,476	2,522	0,100
FV	Al ³⁺		H+Al		MO		SB		T	
	F	p	F	P	F	P	F	p	F	P
Trat	4,580	0,000*	5,392	0,000*	6,208	0,000*	5,271	0,000*	5,882	0,000*
Bloco	5,858	0,008	6,212	0,006	2,423	0,108	1,138	0,335	0,680	0,515
FV	T		M		V					
	F	p	F	p	F	P				
Trat	7,437	0,000*	5,024	0,000*	1,574	0,157 ^{ns}				
Bloco	5,430	0,011	4,102	0,028	3,632	0,041				

Quadro 2: ANOVA fatorial para a densidade do solo porosidade total

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	2	0,031	0,015	3119,000	0,064 ^{ns}
Topsoil	1	0,003	0,003	0,553	0,465 ^{ns}
Espessura	2	0,030	0,015	2988,000	0,071 ^{ns}
Sombreamento	1	0,000	0,000	0,000	0,983 ^{ns}
Topsoil*Espessura	2	0,003	0,001	0,292	0,749 ^{ns}
Topsoil*Sombreamento	1	0,007	0,007	1388,000	0,251 ^{ns}
Espessura*Sombreamento	2	0,037	0,019	3753,000	0,040*
Topsoil*Espess*Sombre	2	0,005	0,003	0,511	0,607 ^{ns}
Erro	22	0,109	0,005		
Total	35	0,224			

Quadro 3: ANOVA fatorial para a porosidade total do solo

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	2	0,001	0,000	0,266	0,769 ^{ns}
Topsoil	1	0,001	0,001	0,379	0,544 ^{ns}
Espessura	2	0,014	0,007	4052,000	0,032 ^{ns}
Sombreamento	1	0,000	0,000	0,169	0,685 ^{ns}
Topsoil*Espessura	2	0,009	0,004	2521,000	0,103 ^{ns}
Topsoil*Sombreamento	1	0,008	0,008	4955,000	0,037*
Espessura*Sombreamento	2	0,012	0,006	3545,000	0,046*
Topsoil*Espess*Sombre	2	0,007	0,003	1993,000	0,160 ^{ns}
Erro	22	0,038	0,002		
Total	35	0,089			

Quadro 4: ANOVA para a resistência à penetração do solo de 0 a 10 cm de profundidade

FV	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	13	13,356	1,027	2,815	0,012*
Bloco	2	0,658	0,329	0,901	0,419
Erro	26	9,491	0,365		
Total	41	23,505			

Quadro 5: ANOVA fatorial para o número de espécies arbóreas

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	2	4,056	2,028	0,770	0,475
Topsoil	1	44,444	44,444	16,874	0,000
Espessura	2	14,389	7,194	2,732	0,087
Sombreamento	1	28,444	28,444	10,800	0,003
Topsoil*Espessura	2	8,389	4,194	1,593	0,226
Topsoil*Sombreamento	1	7,111	7,111	2,700	0,115
Espessura*Sombreamento	2	2,389	1,194	0,453	0,641
Topsoil*Espess*Sombre	2	5,722	2,861	1,086	0,355
Erro	22	57,944	2,634		
Total	35	172,889			

Quadro 6: ANOVA fatorial para o número de indivíduos arbóreos

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	2	51,722	25,861	1,264	0,302
Topsoil	1	720,028	720,028	35,180	0,000
Espessura	2	13,556	6,778	0,331	0,722
Sombreamento	1	702,250	702,250	34,311	0,000
Topsoil*Espessura	2	22,889	11,444	0,559	0,580
Topsoil*Sombreamento	1	552,250	552,250	26,982	0,000
Espessura*Sombreamento	2	18,667	9,333	0,456	0,640
Topsoil*Espess*Sombre	2	8,000	4,000	0,195	0,824
Erro	22	450,278	20,467		
Total	35	2539,639			