UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

"Propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho sob recuperação há 16 anos e a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas"

CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI
Engenheira Agrônoma

Orientadora: Profª. Dra. Marlene Cristina Alves

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Ilha Solteira – SP
Março/2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

B715p

Bonini, Carolina dos Santos Batista.
Propriedades físico-químicas de um latossolo vermelho sob recuperação há 16 anos e a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas / Carolina dos Santos Batista Bonini. – Ilha Solteira : [s.n.], 2010.
103 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2010

Orientador: Marlene Cristina Alves
Bibliografia: p. 91-101

1. Solos - Degradação. 2. Solos - Estrutura. 3. Matéria orgânica. 4. Solos - Densidade.

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho sob recuperação há 16 anos e a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas

AUTORA: CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI
ORIENTADORA: Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA , Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA
Departamento de Água e Solo / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 05 de março de 2010.

DEDICATÓRIA

Ao meu avô João Manoel dos Santos *(in memorian)* pelo exemplo de vida que deu a toda a família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e ajudar em mais uma conquista.

À FAPESP, pela bolsa de mestrado (Proc. 2008/50853-1) e auxilio à pesquisa (Proc. 2009/50066-2) concedidos.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, por oferecer um excelente curso de Pós-Graduação.

Ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos pela infra-estrutura proporcionada e suporte para realização deste trabalho.

À Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão pela área e pelo apoio concedido para o desenvolvimento do projeto.

À Marlene Cristina Alves, pela orientação e por todos esses anos de convivência, amizade, companheirismo e confiança.

Ao corpo docente, pelos ensinamentos passados e contribuição na minha formação acadêmica.

Ao técnico de campo Valdivino dos Santos e ao estagiário Jean Fernando dos Santos Souza pelo auxílio no campo e laboratório.

Aos funcionários: Alvino, Alonso, Carlinhos e Cícero (Buchada) pelo auxilio nas avaliações das espécies arbóreas e coletas de brachiaria.

À minha família: meus pais, José Luiz Batista e Maria Aparecida dos Santos Batista e minhas irmãs Marisa e Francini sempre presentes e acreditando em meus sonhos.

Ao meu esposo, Alfredo Bonini Neto, pelo amor, carinho e dedicação nesses anos de lutas e conquistas.

Aos meus amigos do laboratório: Débora, Otton, Thaís, Sebastião, Paulo Roberto, Fabiana, Luis Paulo, Mariana e Rômulo presentes nas coletas de campo, nas avaliações do laboratório, sem falar nos churrascos!!!!!

Aos meus colegas de Pós-Graduação: Renata, Giseli, Carlos (Beiçola), Hiroshi, Ronaldo, Márcia, Leandro (Morna), Rodrigo, Fábio, Sérgio, Pedro (Berne), Eloíza e Leandro companheiros das disciplinas e de mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Aos funcionários da secretaria do DEFERS, Ângela e Domingos, sempre presentes e prontos para ajudar.

Ao professor Walter Valeriano pelas sugestões valiosas nas análises estatísticas.

A todos que estiveram presentes em mais uma etapa da minha vida.

RESUMO

A utilização dos recursos naturais de forma inadequada geralmente dá lugar a um novo sistema ecológico não sustentável. Com isso, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação. Técnicas que visam à recuperação de solos degradados têm sido investigadas. O objetivo foi estudar as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho que está em processo de recuperação há 16 anos utilizando calagem, gesso e pastagem e também estudar a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas de cerrado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com nove tratamentos, quatro blocos. Os tratamentos foram: 1 - Solo mobilizado apenas, sem plantio de espécies (vegetação espontânea) até 1999, após implantada *Brachiaria decumbens;*2 - Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy) até 1999 após substituída por *B. decumbens;* 3 - Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por *B. decumbens*; 4 - Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por *B. decumbens;*5 - Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens;* 6 - Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por *B. decumbens;* 7 - Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens,* 8 - Solo exposto (sem técnica de recuperação) e 9 - Vegetação nativa de Cerrado, os tratamentos 7 e 8 foram usados como testemunhas. Foram avaliadas nos anos de 2008 e 2009, as propriedades físicas (macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo, densidade do solo, distribuição e estabilidade de agregados em água), as propriedades químicas (fósforo, potássio, magnésio, cálcio; matéria orgânica, pH e foram calculadas as somas de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases); também foi avaliada a produção de matéria seca da braquiária e o diâmetro do caule e a altura das espécies arbóreas. Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância, teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para a comparação de médias. A densidade do solo e a estabilidade de agregados em água foram bons indicadores da qualidade do solo. As propriedades químicas do solo estão sendo recuperadas e os tratamentos estão agindo de forma semelhante. Depois de 14 anos que o solo estava em recuperação surgiram na área espécies nativas e após 17 anos as mesmas se mantêm e estão vigorosas. A produção de matéria seca da braquiária foi influenciada pela variação de disponibilidade de água e fotoperíodo.

Palavras-chaves: Solo degradado. Propriedades físicas. Matéria orgânica.

ABSTRACT

The use of natural resources in inadequate way not always leads to a new sustainable ecological system. Therefore, soils used intensity and in inadequate way, are leads to degradation. Techniques that aim to the recovery of degraded soils have been investigated. Were evaluated the physical properties of the soil, the dry mass of *Brachiaria decumbens* Stapf. and development of tree species, as indicators of quality of a Red Latosol (Oxisol) that is in the process of recuperation for 16 years using green manures, soil correction, gypsum and pasture. The experimental design used was in completely randomized with nine treatments and four repetitions. The treatments were: 1 – no tilled soil and spontaneous vegetation; 2 - *Stizolobium aterrium*; 3 - *Cajanus cajan* until 1994 and then substituted by *Canavalia ensiformis;* 4 - lime + *Stizolobium aterrimum;* 5 - lime + *Cajanus cajan* until 1994 and then substituted by *Canavalia ensiformis;* 6 - lime + gypsum + Stizolobium aterrimum; 7 - lime + gypsum + *Cajanus cajan* until 1994 and then substituted by *Canavalia ensiformis*, and to control two attestant: 8 - native vegetation of Savannah and 9 - exposed soil (no practice of recuperation). The treatments were installed in 1992 and remained for seven years in 1999 was implant to *Brachiaria decumbens.* Were evaluated macroporosity, microporosity, total porosity, soil bulk density and aggregate stability in the layers 0.00-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, the dry mass of *B. decumbens* and the growth rate of tree species. The results were analyzed effectuating the analysis of variance, Scott-Knott to 5% of probability to compare averages. The following treatments are reclamation the physical properties of soil degradation. The soil bulk density was good indicators of soil quality. The chemical properties of soil are being reclamation and the treatments are acting similarly. After 14 years got up native species in the soil in reclamation. The production of dry matter of *B. decumbens* was influenced by the variation of water availability and photoperiod.

Key-words: Degraded soil. Physical properties. Organic matter.

LISTA DE FIGURAS

1 Imagem de satélite com seta indicando a área experimental 32

2 Vista geral da área decapitada mostrando o corte de 8,60 m de espessura 33

3 Subsolo exposto com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea (Fonte: ALVES, 2001) 34

4 Vista geral da área experimental, fevereiro de 1992 35

5 Vista geral da área experimental, fevereiro de 1993 36

6 Vista geral da área experimental, fevereiro de 1994 36

7 Vista geral da área experimental, julho de 1998 37

8 Vista geral da área experimental, julho de 1999..... 37

9 Vista geral da área experimental, julho de 2001 38

10 Vista geral da área experimental, setembro de 2007 38

11 Vista geral da área experimental, janeiro de 2009 39

12 Amostras indeformadas coletadas em janeiro de 2009 41

13 Coleta de amostra indeformada com anel volumétrico 41

14 Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água 42

15 Trincheira aberta para a coleta de solo para análise química..... 43

16 Coleta do material para avaliação da massa seca 43

17 Medição do diâmetro do caule das espécies arbóreas 45

18 Medição da altura das espécies arbóreas 46

LISTA DE QUADROS

1 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a macroporosidade ($m^3\ m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 48

2 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a microporosidade ($m^3\ m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 50

3 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a porosidade total do solo ($m^3\ m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 52

4 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 54

5 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,00-0,10 m. Selvíria, MS. 2008 59

6 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,00-0,10 m. Selvíria, MS. 2009 60

7 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,10-0,20 m. Selvíria, MS. 2008 61

8 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,10-0,20 m. Selvíria, MS. 2009 62

9 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2008 63

10 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2009 64

11 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o fósforo (mg dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 66

12 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o potássio ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 68

13 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para cálcio ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 70

14 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para magnésio ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 71

15 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a matéria orgânica (g dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 73

16 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o potencial Hidrogeniônico (pH) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 75

17 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o alumínio ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 76

18 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a acidez potencial ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 77

19 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a soma de bases ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 80

20 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a capacidade de troca catiônica ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 81

21 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a saturação por bases (V%) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS. 82

22 Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios de massa seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha^{-1}) nos tratamentos, épocas de corte e anos estudados, Selvíria, MS. 83

23 Valores médios para a massa seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha^{-1}) nos tratamentos estudados nas 4 épocas de corte. Selvíria, MS, 2009. 85

24 Altura e diâmetro a 0,10 m do solo de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em outubro/2007 e janeiro/2008. Selvíria, MS. 86

25 Taxa de crescimento de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2008. Selvíria, MS. 87

26 Altura e diâmetro a 0,10 m do solo de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em outubro/2007 e janeiro/2009. Selvíria, MS. 88

27 Taxa de crescimento de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2009. Selvíria, MS. 89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16

2.1 Recuperação de áreas degradadas 16

2.2 Propriedades físicas do solo..... 18

2.3 Propriedades químicas do solo 23

2.4 Espécies do Cerrado 25

2.5 Adubos Verdes e Braquiária 27

3 MATERIAL E MÉTODOS 32

3.1 Localização e características da área experimental 32

3.2 Histórico da recuperação da área experimental 33

3.3 Delineamento experimental e tratamentos 39

3.4 Avaliações do solo 40

3.4.1 Análises físicas do solo 40

3.4.2 Análises químicas do solo 42

3.5 Análise da produção de matéria seca de braquiária 44

3.6 Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente após 14 anos intervenção antrópica a intervenção para recuperação da área 44

3.7 Forma de análise estatística dos resultados 45

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO. 47

4.1 Análises físicas do solo 47

4.1.1 Macroporosidade, microporosidade e porosidade total e densidade do solo ... 47

4.1.2 Distribuição e estabilidade de agregados em água 55

4.2 Análises Químicas do solo 65

4.2.1 Fósforo e Potássio 65

4.2.2 Cálcio e Magnésio 69
4.2.3 Matéria orgânica 72
4.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH), Alumínio e Acidez potencial 74
4.2.5 Somas de bases, Capacidade de troca catiônica e Saturação por bases 78
4.3 Análise da produção de matéria seca de braquiária 83
4.4 Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente após a intervenção para recuperação da área 85

5 CONCLUSÕES 90

REFERÊNCIAS 91

ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DA ÁREA..... 102

ANEXO B – PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE *B. DECUMBENS* NO ANO DE 2008..... 103

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional e conseqüentemente o desenvolvimento econômico os recursos ambientais são submetidos a forte pressão, proporcionando nas últimas décadas grandes impactos sobre o ambiente. Dentre os recursos naturais mais degradados pelo homem, o solo, é o que mais tem sido alterado em suas características naturais devido à exploração inadequada. A história do uso do solo mostra que essa alteração sempre dá lugar a um novo sistema ecológico não sustentável, desse modo, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação (ALVES; SOUZA, 2008).

No Brasil, o desmatamento e as atividades agrícolas são os principais fatores de degradação dos solos. As obras de engenharia (estradas, ferrovias, barragens) e as atividades de mineração a céu aberto sensibilizam mais a população de modo geral. Isso por serem atividades que são altamente impactantes.

A partir da década de 60, com o crescimento populacional e a demanda por maiores quantidades de energia, os governos passaram a empreender esforços para suprirem suas necessidades. Desta forma, diversas usinas hidrelétricas foram projetadas para este fim. No Estado de São Paulo, foi construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no Rio Paraná (1967 a 1977), com geração de 3240 MW. Tendo em vista não existirem, na época, relatórios de impacto ambiental, a construção transcorreu sem a adequada preocupação com o nível de degradação do ambiente. Ainda que a hidroeletricidade, como alternativa para produção de energia, possa ser considerada ambientalmente mais vantajosa em relação a outras opções, por utilizar um recurso natural renovável e não-poluente, a formação de reservatórios implica na ocorrência de diversos impactos ao ambiente (COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – CESP, 1998).

Como seqüelas da construção, diversas áreas, anexas ou não ao corpo da obra, tendem a apresentar acentuada degradação, que se manifesta sob a forma de ruptura do equilíbrio entre a litosfera (especialmente em sua porção mais frágil, os solos), a hidrosfera e a biosfera (especialmente a cobertura vegetal). Entre as áreas, onde esse processo é mais agravante, encontram-se as áreas de empréstimo, as encostas instáveis e áreas alagadiças, áreas inundadas, etc. (ALVES; SOUZA, 2008). Esses locais, de onde são retirados materiais

para complementar os volumes de solos necessários à execução dos terraplenos e fundações, entende-se por "áreas de empréstimo" (LOPES; QUEIROZ, 1994).

As áreas de empréstimo constituem-se em um ecossistema degradado, pois tiveram eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento.

Para a recuperação é preciso selecionar e identificar espécies aptas às novas condições edáficas e que de forma rápida acelere a estruturação e formação dos horizontes mais superficiais do solo (CARPANEZZI et al., 1994). A adaptação e desenvolvimento dessas espécies dependerão das condições físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo, bem como das condições do microclima local.

Pesquisas realizadas por Alves (2001), Colodro (2005), Campos (2006) e Kitamura (2007) têm sido desenvolvidas com o objetivo de gerar soluções para amenizar o quadro exposto. Restaurar ecossistemas é a denominação que se tem atribuído ao árduo desafio de, por meio de interferências planejadas, reconstruírem a estrutura e criar condições para que se restabeleçam, também, os processos ecológicos naturais de cada ecossistema.

Várias técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de recuperar solos degradados, a maioria delas combina práticas mecânicas, que visam romper camadas compactadas, com a adição de matéria orgânica.

Na recuperação de uma área degradada o grande desafio é o estabelecimento do horizonte A, para que a partir daí o condicionamento natural se restabeleça, podendo surgir outros horizontes (NOFFS, 2000). São muito utilizados indicadores para a avaliação e monitoramento de ecossistemas naturais e este é um assunto muito discutido e, alguns experimentos estão sendo realizados.

No processo de recuperação, a seleção de espécies, bem como a determinação de requerimentos nutricionais, constituem passos importantes para se obter o sucesso esperado. A utilização de espécies de rápido crescimento, como as leguminosas, que desenvolveram simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, tem-se mostrado bastante promissora (ALVES, 2001).

Estudos estão sendo realizados para avaliar a influencia dos adubos verdes na recuperação de áreas degradadas. Boni et al. (1994) avaliando a contribuição de adubos verdes na melhoria das características físicas de um solo degradado verificou que as espécies leguminosas crotalária e guandu influenciaram positivamente, reduzindo a densidade do solo e conseqüentemente a elevação da porosidade das camadas compactadas. Melo (1994)

trabalhando em uma área de empréstimo verificou que espécies forrageiras associadas à adubação química promoveram melhorias das características químicas e físicas do solo.

Estudos realizados indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas. Segundo Engel e Parrota (2003) para a recuperação de uma área degradada, as informações básicas sobre o ecossistema obtidas no próprio local a ser restaurado, tais como: história de perturbações, solo, clima, fatores de degradação, uso atual do solo, situação atual do ecossistema e da paisagem, e aquelas que deverão ser obtidas em áreas de referência, tais como flora e fauna características, são fundamentais para o processo.

Os solos de cerrado são pobres em nutrientes e ligeiramente ácidos e requerem a aplicação de calcário para aumentar a disponibilidade do Ca^{+2} e elevar o pH. Usa-se calcário como corretivo da acidez do solo, pois na troca catiônica, cada Ca pode neutralizar 2 H^{+} (MARENCO; LOPES, 2005). Quanto aos efeitos da utilização de gesso agrícola, Caires et al. (1999) avaliando as alterações químicas do solo pelo uso de gesso em semeadura direta em culturas anuais constataram que houve aumento de produção com o uso deste insumo em decorrência do fornecimento de enxofre, da melhoria do teor de cálcio trocável em todo o perfil, da redução da saturação por alumínio e do aumento da relação Ca/Mg do solo, melhorando o ambiente radicular.

Alves et al. (2007) trabalhando na recuperação de área degradada remanescente de construção de usina hidroelétrica com adição de lodo de esgoto, adubos verdes, cultivo de espécies nativas e braquiária verificaram um aumento de 27 vezes na produção de *B. decumbens* avaliada após 274 dias da semeadura. Os mesmos autores avaliando o diâmetro e altura das plantas de gonçalo-alves verificaram que o melhor desempenho foi no tratamento com gonçalo-alves + lodo + braquiária e houve concordância com o comportamento das condições físicas do solo observadas.

Portanto, com o intuito de gerar tecnologia que vise recuperar o solo e a proposição de uma utilização adequada, este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho que está em processo de recuperação há 17 anos utilizando calagem, gesso e pastagem, e também estudar a ocorrência espontânea de espécies arbóreas nativas de cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recuperação de áreas degradadas

Os conceitos ambientais atualmente discutidos baseiam-se nas teorias do desenvolvimento sustentável, que consideram o aperfeiçoamento das práticas e da melhoria do desempenho dos empreendimentos por meio da efetividade e da garantia de atendimento às exigências ambientais, entre as quais se inclui a recuperação de áreas degradadas (FORNASARI FILHO et al., 1994).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2010) para qualquer grande obra de engenharia é necessária a movimentação de solo para os trabalhos de terraplanagem e construção civil, expondo camadas do mesmo que podem resultar em processos erosivos superficiais ou laminares, em sulcos e até voçorocas. Esses processos além de causarem o assoreamento das linhas de drenagem, podem, no seu estágio mais avançado, colocar em risco edificações e vias de acesso. Assim, muitas vezes a ocorrência de grandes áreas impermeabilizadas e/ou a sistematização de terrenos associados à falta e/ou deficiência de um sistema de drenagem das águas pluviais, podem causar a desestabilização, queda de taludes e o aparecimento de processos erosivos de grandes dimensões.

Com o crescimento populacional e a demanda por maiores quantidades de energia, os governos passaram a empreender esforços para suprirem suas necessidades. Desta forma, diversas usinas hidrelétricas foram projetadas para este fim a partir da década de 60. No Estado de São Paulo, foi construída a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, no Rio Paraná (1967 a 1977), com geração de 3.240 Mega-watts. Tendo em vista não existirem, na época, relatórios de impacto ambiental, a construção transcorreu sem a adequada preocupação com o nível de degradação do ambiente. Ainda que a hidroeletricidade, como alternativa tecnológica para produção de energia, possa ser considerada ambientalmente mais vantajosa em relação a outras opções, por utilizar um recurso natural renovável e não poluente, a formação de reservatórios implica na ocorrência de diversos impactos ao ambiente, atingindo elementos físicos, biológicos e sócio-econômicos (CESP, 1998).

Como seqüelas da construção, diversas áreas, anexas ou não ao corpo da obra, tendem a sofrer acentuada degradação, que se manifesta sob a forma de ruptura do equilíbrio entre a litosfera (especialmente em sua porção mais frágil, os solos), a hidrosfera e a biosfera (especialmente a cobertura vegetal). Entre as áreas, onde esse processo é mais agravante, encontram-se as áreas de empréstimo, as encostas instáveis e áreas alagadiças, áreas inundadas, etc. (ALVES; SOUZA, 2008).

Esses locais, de onde são retirados materiais para complementar os volumes de solos necessários à execução dos terraplenos e fundações, entende-se por "áreas de empréstimo" (LOPES et al., 1994). As áreas de empréstimo constituem-se em um ecossistema degradado, pois teve eliminado, juntamente com a vegetação, os seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento. Para a recuperação é preciso selecionar e identificar espécies aptas às novas condições edáficas e que de forma rápida acelere a estruturação e formação dos horizontes mais superficiais do solo (CARPANEZZI et al., 1994).

A definição de degradação do solo está associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que as características determinantes da qualidade de um solo são alteradas negativamente, estabelece-se um processo de degradação (ALVES; SOUZA, 2008).

Mielniczuk (1999) menciona que vários conceitos de qualidade de solo foram propostos, sendo o de Doran e Parkin (1994) o melhor deles, definindo a qualidade do solo como sendo a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra.

Rodrigues et al. (2007) definem áreas degradadas, como ecossistemas alterados, onde as perdas são as formas mais comuns de perturbações e degradações ambientais. A retirada da cobertura vegetal, dependendo da intensidade, pode ser considerada uma degradação ou uma perturbação ambiental.

Reis e Kageyama (2003) complementam que a sucessão é um processo complexo e concomitante, ou seja, com a mesma evoluem as condições de solo, o microclima, a diversidade da flora, da fauna e dos decompositores sendo esses fatores ressaltados por Alves (1992) que afirma: para a manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, por meio de ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição da matéria orgânica. Dentre os monitoramentos necessários, as condições de solo e clima são fundamentais, pois essas são as

que fornecerão a sustentabilidade do sistema. Estudos realizados indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas (ANDRADE JUNIOR, 2004).

Campos (2006) desenvolveu trabalho em área degradada, utilizando o lodo de esgoto para a recuperação das propriedades físicas e químicas do subsolo em estudo. A área estava sendo cultivada com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), na qual foi constatado que o lodo de esgoto influenciou as propriedades físicas e químicas do subsolo estudado e que o mesmo proporcionou maior rendimento da massa verde e seca da braquiária e, além disso, promoveu maior desenvolvimento das plantas de eucalipto.

Alves et al. (2007) estudando a recuperação de solo de área remanescente de obra civil (usina hidrelétrica) concluíram que ocorrem melhorias na qualidade do solo quando efetuado o seu preparo e a adição de lodo de esgoto e adubos verdes. Kitamura et al. (2008) verificaram recuperação de propriedades físicas do solo em área de estudo degradada também por retirada de solo para construção de barragem, sendo que a densidade do solo foi o melhor indicador físico das alterações do mesmo.

Portanto, a restauração de ecossistemas exige, a princípio, resgatar as características originais do objeto em questão, assim, faz-se necessário utilizar elementos e técnicas semelhantes aos que deram origem ao objeto a ser restaurado, além de controlar os agentes que levam à descaracterização ou degeneração do mesmo. Esse princípio pode ser obedecido por meio de estudos básicos, envolvendo inventários qualitativos e quantitativos de solo, planta e atmosfera, bem como estudos sobre a estrutura das comunidades, que podem ser realizados em áreas remanescentes próximas à área a ser restaurada (DURIGAN, 1999).

2.2 Propriedades físicas do solo

A compactação é um dos problemas mais agravantes das áreas degradadas, influenciando no crescimento das espécies vegetais e na capacidade da fauna do solo sobreviver nestas áreas que se tornam inabitáveis. Sendo assim, uma das primeiras medidas físicas a serem aplicadas nestas áreas degradadas são relacionadas à diminuição da densidade

do solo, seja por meio de manejo com máquinas pesadas ou da aplicação de matéria orgânica (KITAMURA, 2007).

O solo é constituído de fase sólida, líquida e gasosa. Um solo é considerado ideal quando tem 50 % de fase sólida dividida em compostos orgânicos (matéria orgânica) e inorgânicos (mineral) e 50 % de espaço poroso sendo 1/3 destes poros de macroporos, ou seja, 0,17 $m^3 m^{-3}$ e 2/3 de microporos (KIEHL, 1979). O balanço de macro e microporos indica se o solo está sendo manejado adequadamente.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjamento de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maior (macroporos), o que leva à redução na área da seção transversal para o fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento de fluido, afetando com isso o processo de infiltração (SOUZA; ALVES, 2003).

Ingaramo (2003) diz ainda que a porosidade do solo poder ser dividida em porosidade intra e inter-agregados, o primeiro equivale a microporosidade que é o espaço entre as partículas primárias do solo e o segundo o arranjo dos microagregados do solo que é influenciado pelo manejo, pela atividade de micro, meso e macro organismos e pelo crescimento das raízes.

Segundo Greenland (1981) a macroporosidade deve ter valor igual ou superior 0,10 $m^3 m^{-3}$ e abaixo deste limite é considerado valor crítico e prejudica o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

A relação entre massa e volume do solo, ou seja, o volume ocupado por poros e por partículas é denominado densidade do solo. Esta propriedade física do solo varia de acordo com o arranjamento das partículas (natureza, forma e dimensão). A densidade do solo é variável para um mesmo tipo de solo dependendo da estruturação e se for manejado incorretamente pode provocar a compactação, alterando a estruturação.

Teixeira et al. (1997) relataram que os efeitos das plantas podem resultar em alterações nas características químicas e propriedades físico-hídricas do solo. Como por exemplo, as alterações que algumas plantas provocam na macroporosidade, devido aos canais abertos pelas raízes. O volume e a distribuição do espaço poroso são muito importantes, visto que são nesses espaços que se processam os principais fenômenos que regulam o crescimento e a produção vegetal, tais como: reações químicas e biológicas, difusão de gases e íons, movimento e retenção de água e penetração de raízes.

Para reduzir o valor da densidade do solo recomenda-se a aplicação de matéria orgânica nas suas diferentes formas de adubação verde, de estercos animais, de composto

preparado na fazenda, de tortas vegetais e demais resíduos industriais como a vinhaça, o bagacinho, palha de arroz, etc. (KIEHL, 1979).

Segundo Carvalho (1998) a função da matéria orgânica é melhorar as propriedades físicas do solo com o aumento da porosidade (aeração) e da retenção de água, por meio 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 sua decomposição.

Estudos realizados por Campos e Alves (2008) com o objetivo de verificar a ação de lodo de esgoto na reestruturação de um solo, verificaram seu efeito benéfico nas propriedades físicas (densidade do solo, porosidade total e macroporosidade) e proporcionaram maior rendimento de massas verde e seca da braquiária e promoveram maior crescimento das plantas de eucalipto.

Boni et al. (1994) trabalharam em uma área de empréstimo com cerca de 1,10 m de camada de solo retirada (Latossolo Roxo). A recuperação foi realizada com o emprego de leguminosas (crotalária e guandu) e com vegetação espontânea instalada (capim Napier). Após 5 anos (dois ciclos consecutivos, seguidos de três de pousio), os autores verificaram que as camadas compactadas tiveram redução de densidade do solo (1,25 para 1,18, e 1,48 para 1,16 kg dm^{-3}, respectivamente), elevação de porosidade (0,55 para 0,57, e 0,48 para 0,58 m^3 m^{-3}) e aumento nos valores de diâmetro médio ponderado. Essas alterações, segundo os autores, ocorreram em decorrência dos efeitos das vegetações que se instalaram, implementando a recuperação do solo degradado que hoje está incorporado às normais atividades agrícolas de um campo experimental.

A resistência do solo à penetração das raízes é uma das propriedades físicas que influenciam diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Vários autores utilizaram a resistência do solo à penetração para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990; TORMENA; ROLOFF, 1996).

Daniel et al. (1994) estudando as mudanças nas características da resistência do solo sob diferentes manejos, concluíram que ferramentas que provocam um grau maior de mobilidade do solo, como arado de disco, grade aradora e a enxada rotativa, proporcionaram valores mais elevados de resistência do solo à penetração, indicando a presença de camadas compactadas; eles explicam, ainda, que a compactação ou a dureza do solo está intimamente

ligada à umidade e que uma possível compactação pode ser mascarada pela elevada umidade do solo, no momento da amostragem.

Campos e Alves (2006) com o intuito de estudar a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho de uma área que teve 8,6 m de camada de solo extraída devido à construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, constataram que uma área com estado avançado de degradação na profundidade de 0-5 cm se encontra na classe de resistência do solo à penetração considerada alta com 5,92 MPa. Isto significa que o solo está com sérias limitações ao crescimento das raízes. Os mesmos autores complementam que, em solos em condições naturais de cerrado, não há limitação ao crescimento das raízes, pois a classe de resistência à penetração é muito baixa com 0,72 MPa. Este comportamento de resistência à penetração, descrito acima, nas áreas em estado avançado de degradação, é explicado pela ausência de plantas e cobertura morta.

Os principais fatores que influem na gênese dos agregados são: argila, a matéria orgânica e os sesquióxidos de ferro e alumínio, todos tidos como agentes cimentantes das partículas, os cátions, absorvidos e o manejo do solo, que também influem no processo de estruturação (KIEHL, 1979). O autor ainda menciona que para haver formação de agregados no solo são necessárias duas condições fundamentais: primeira, que uma formação mecânica provoque a aproximação das partículas do solo e a segunda é que, após o contato das partículas, haja um agente cimentante para consolidar essa união, gerando o agregado.

A agregação do solo é influenciada pela micro, meso e macrofauna do solo, que direta ou indiretamente, por meio da ingestão, decomposição e excreção de materiais de solo, constituídos por misturas variadas de compostos orgânicos e inorgânicos. Beare et al. (1995) citado por Alves (2001) afirmam que a influencia direta de microartrópodos no ciclo biogeoquímico, é devido ao seu papel na mineralização de nutrientes, por meio da ingestão de organismos da microflora, da fauna do solo e, pela trituração de detritos de plantas e dejetos fecais.

Em função da natureza química dos compostos orgânicos presentes no solo, Tisdall e Oades (1982) propuseram três tipos de ação cimentante para a matéria orgânica. Os compostos que são rapidamente decompostos por microorganismos, principalmente os polissacarídeos, são considerados agentes cimentantes transitórios, e estão associados a formação de macroagregados. O mucigel, produzido na rizosfera por microorganismos e pelas raízes, composto essencialmente por polissacarídeos, é considerado um cimentante orgânico transitório e sua importância na formação de macroagregados estáveis em água foi observada com o uso de agentes oxidantes seletivos para polissacarídeos (CHESHIRE et al., 1983). As

hifas dos fungos e as raízes, que permanecem no solo por vários meses e até alguns anos, são consideradas agentes cimentantes temporários e estão associados a formação de macroagregados jovens, principalmente em raízes de gramíneas (TISDALL; OADES, 1979).

Os agentes cimentantes orgânicos persistentes são constituídos pelas substancias húmicas que, ao se ligarem a cátions polivalentes, presentes na fração mineral Al^{3+}, Fe^{3+} e Ca^{2+}, constituem importante mecanismo de formação de microagregados. Os microagregados são estáveis à ruptura provocada pelo umedecimento rápido e por distúrbios mecânicos do solo (CANELLAS et al., 1999). Os mesmos autores ainda falam que as ligações organo-minerais formadas pelas substancias são persistentes, não sendo influenciadas pelas mudanças no conteúdo de matéria orgânica e pelo manejo do solo. Todavia, a quantidade de macroagregados estáveis em água depende do conteúdo de matéria orgânica e diminui com o cultivo intenso do solo.

A presença de agregados estáveis potencializa a capacidade de armazenamento de água, diminuindo as perdas de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo de matéria orgânica no solo (JASTROW et al., 1998).

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar o efeito da adição de matéria orgânica. Andrade Junior (2004) trabalhou em área degradada com objetivo de estudar o efeito de adubo verde, calcário e gesso e verificou que os tratamentos de recuperação empregados agiram de forma semelhante na recuperação das propriedades físicas. Alves & Suzuki (2004) observaram que o uso de plantas de cobertura aliado à sucessão de culturas (milho e soja) sob semeadura direta melhorou as propriedades físicas do solo, como porosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração. E Silva et al. (2002) em estudo realizado na “área de empréstimo” originada da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP, com o objetivo de verificar os efeitos de espécies e variedades de pinus, instaladas em 1982, na recuperação do solo, verificou que: o *Pinus caribaea* var. hondurensis mostrou-se promissor, por apresentar um bom crescimento aliado a sua sobrevivência; as características físicas do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo), que não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

2.3 Propriedades químicas do solo

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de nutrientes minerais para as plantas. Assim, a perda da fertilidade natural dos solos tropicais úmidos tem como principal causa o desaparecimento da matéria orgânica do mesmo (FRANCO et al., 1992). A sua perda, de acordo com os mesmos autores, causa sérios problemas na estrutura do solo, disponibilidade de água, atividade biológica do mesmo, prejudica o suprimento de nutrientes às plantas e como conseqüência, a produtividade do sistema. Este processo é mais intenso em áreas de declive acentuado, onde, além da decomposição natural da matéria orgânica, há perdas, pela remoção da parte superficial do solo, por erosão. O caso extremo ocorre com a movimentação de terras como nas construções de barragens, estradas, áreas de mineração, etc., onde todo horizonte superficial é removido.

O manejo adequado deve prever o enriquecimento e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser conseguido com a aplicação de resíduos orgânicos e com a prática da adubação (PEREIRA et al., 1992).

Quanto à degradação química do solo, Gonçalves et al. (2003) afirmam que, este tipo de degradação resulta na queda de sua fertilidade, ocasionada pela redução dos teores e da qualidade da matéria orgânica e pela redução dos teores de macro e micronutrientes. Comumente, há aumento dos teores de Mn e Al, devido ao abaixamento do pH. Diretamente dependentes das condições físicas e químicas do solo, os macro e microorganismos podem ter suas comunidades drasticamente alteradas em curtos períodos. Sob condições desfavoráveis, a diversidade e a quantidade de organismos de cada espécie são rapidamente afetadas, comumente reduzidas. Estes atributos constituem importantes indicadores da qualidade do solo.

Moreira (2004) complementa que a diminuição da matéria orgânica em solos degradados pode ser considerada um problema ambiental, pois dificulta a produção vegetal, resultando menor infiltração de água, favorecendo, assim, a erosão e a perda por escoamento superficial.

Alguns autores relatam à relação direta da matéria orgânica sobre a CTC do solo. Para Rodrigues et al. (2007), pesquisando a capacidade de regeneração de um subsolo, em uma área de empréstimo, área esta o qual foram removidos quase 10 m em alguns pontos, para a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, observaram que o comportamento

da CTC era semelhante ao da matéria orgânica. Foi constado ainda, que a partir de 20 cm de profundidade a CTC deixa de ser influenciada pelos conteúdos de matéria orgânica. Junto com a matéria orgânica e a CTC, a soma de bases e a saturação por bases, decrescem em profundidade, pois a maior parte dos nutrientes é proveniente da vegetação e está relacionada aos conteúdos de matéria orgânica do solo.

A adição de várias fontes de material orgânico tem sido utilizada com o objetivo de melhorar as propriedades do solo. Nascimento et al. (2003) mencionaram que em solo degradado as leguminosas contribuíram para a diminuição da acidez do solo, elevando o pH no perfil e os teores de K e Mg.

Alves e Souza (2008) em estudo realizado na "área de empréstimo" originada da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP, com o objetivo de avaliar a recuperação de atributos químicos (pH, teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, P, K, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e teor de matéria orgânica) usando adubos verde, calcário e gesso, verificaram que o tratamento utilizando mucuna-preta teve melhor desempenho na recuperação dos atributos químicos do solo degradado. E os efeitos atingiram a camada de 0,20 m.

Bonini, Alves e Oliveira (2008a) trabalharam com recuperação de áreas degradadas remanescentes da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP, utilizando duas doses de lodo de esgoto, adubação mineral e o cultivo de eucalipto e braquiária observaram que na camada superficial houve aumento no teor de P, Ca, Mg, pH, MO, SB, CTC e V% e redução no teor de Al na área cultivada com maior dose de lodo de esgoto (60 Mg ha^{-1}).

Também Kitamura (2007) estudando a recuperação de área degradada oriunda da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira-SP, com adubos verdes, lodo de esgoto verificou que as propriedades químicas do solo foram melhoradas e o tratamento combinando adubo verde+lodo de esgoto foi o melhor e os teores de P, MO, K e CTC do solo foram influencias positivamente.

Segundo Correa et al. (2009) o efeito da aplicação de calcário vai além do aumento do pH e enfatiza que nos latossolos, as cargas são dependentes do pH, o que pode favorecer a dispersão de argilas, também fornece Ca^{+2} que funciona como ligante entre partículas de argila. Não olvidando dos efeitos indiretos, por aumentar a produção das culturas, acréscimo de MO. e atividade microbiana.

2.4 Espécies do Cerrado

O Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo. As plantas arbóreas da flora brasileira podem ser reunidas em vários grupos de acordo com o seu comportamento ambiental (LORENZI, 2002). O mesmo autor complementa que, algumas plantas só crescem na fase jovem ou inicial de uma mata, e são denominadas “plantas pioneiras”. Outras predominam numa fase intermediária da mata, que são as chamadas “secundárias”; já outras, denominadas “plantas clímax”, só crescem e se reproduzem mais tardiamente na floresta madura ou primária.

Em se tratando do bioma cerrado, Durigan (2003) afirma que, este tem sido um dos biomas mais rapidamente destruídos no Brasil nas últimas décadas. Para que se possa planejar a restauração de uma área em região de domínio de cerrado, o mesmo autor afirma que, é essencial que se resgate o conhecimento da vegetação original e também de seus fatores condicionantes.

Melo et al. (2004) afirma que pouco tem sido feito no sentido de pesquisar o desempenho de espécies com o intuito de se otimizarem ações de recuperação em áreas de cerrado, e que de forma geral, as pesquisas se desenvolveram mais no sentido de avaliar o potencial madeireiro dessas espécies.

Para Silva (2003), a recomposição da vegetação pode ser feita a partir do brotamento, do banco de sementes presentes no solo, do banco de plântulas e indivíduos jovens do sub-bosque, ou a partir de diásporos recém-chegados ao novo ambiente trazidos pelos agentes bióticos e abióticos de dispersão. Mesmo considerando que as sementes e plântulas já presentes na área podem ter chegado ao local pela ação destes mesmos agentes, um grande número de novas sementes é ali depositado em função dos novos espaços que se criam para o deslocamento dos dispersores. O mesmo autor relata que, quanto mais próxima uma área a ser recuperada estiver de uma área com vegetação nativa, mais rápida e intensa deve ser a chegada das sementes trazidas pelos dispersores. Complementa que a dinâmica da regeneração nessas áreas vai depender da quantidade, da qualidade e da distância dos trechos de vegetação circunvizinhos.

Aguiar et al. (2000) afirmaram que uma alternativa que pode acelerar a recuperação das áreas degradadas é a utilização de espécies nativas do local, junto com espécies que

acelerem o equilíbrio químico e físico do solo, sendo de grande relevância para o reequilíbrio do ecossistema os adubos verdes, que são importantes na cobertura inicial do solo.

Para Engel e Parrota (2003), o primeiro passo para a recuperação de uma área degradada é a seleção de informações de referência quanto à sua estrutura e função. As informações básicas sobre o ecossistema incluem aquelas obtidas no próprio local a ser restaurado como: história de perturbações, solo, clima, fatores de degradação, uso atual do solo, situação atual do ecossistema e da paisagem, e aquelas que deverão ser obtidas em áreas de referência, tais como flora e fauna características. Essas informações de referências devem ser baseadas no mesmo tipo de ecossistema que aquele a ser restaurado.

Para se determinar quais espécies, como e quando introduzir na área a ser restaurada, é muito mais importante levar em consideração como é a sucessão natural da área, do que se restringir às espécies de acordo com sua classificação em grupos ecológicos sucessionais. Engel e Parrota (2003) complementam ainda que, a sucessão natural, é a base conceitual mais forte da restauração, o qual os ecossistemas se recuperam de distúrbios naturalmente.

Reis e Kageyama (2003) mencionam que a sucessão é um processo complexo e concomitante, ou seja, com a mesma evoluem as condições de solo, o microclima, a diversidade da flora, da fauna e dos decompositores.

A presença de vegetação e resíduos, segundo Gonçalves et al. (2003), faz com que a superfície do solo não receba diretamente a radiação solar, reduzindo as perdas d'água por evaporação e as amplitudes de variação térmica e hídrica do solo ao longo do dia e das estações climáticas do ano.

A cobertura vegetal pode manter ou aumentar a fertilidade das camadas superficiais do mesmo por meio da adição de matéria orgânica, da ciclagem de nutrientes, da fixação biológica de nitrogênio, do aumento da atividade biológica, e da melhoria das propriedades físicas do solo. Além disso, os resíduos vegetais atuam como obstáculo para o escorrimento superficial de água, reduzindo sua velocidade, diminuindo conseqüentemente a erosão e assim, aumento as taxas de infiltração de água pelo solo (GONÇALVES et al., 2003).

Quanto à seleção das espécies a serem introduzidas na recomposição da vegetação da área que será restaurada, Reis e Kageyama (2003) afirmam que, esta escolha dependerá muito da condição edáfica da área em questão, assim como das condições das áreas vizinhas. A escolha das espécies que darão início ao processo de restauração é, para os mesmos autores, extremamente importante. As espécies selecionadas deverão ser adequadas às restrições locais, condicionadas pelo solo, que após distúrbios é geralmente pobre em minerais e fisicamente inadequados para o crescimento da maioria das plantas e, ao mesmo tempo,

capazes de apresentar um grau máximo de interação biótica. Pois, quanto maior for o nível de interação, maior será a capacidade de diversificar as espécies envolvida e, conseqüentemente, mais rápida será a restauração ambiental.

2.5 Adubos Verdes e braquiária

Os adubos verdes são plantas leguminosas ou não cultivadas com o intuito de serem incorporadas ao solo para melhorar a capacidade produtiva (PEREIRA et al., 1990). A utilização de leguminosas na adubação verde pode suprir grandes quantidades de nitrogênio para a cultura sucessiva. Porém, o potencial de fornecimento de nitrogênio, é diferenciado em relação à época de semeadura (VARGAS et al., 2004). Os mesmos autores complementam que, quando semeados no período chuvoso, os adubos verdes acumulam maior quantidade de biomassa e de nitrogênio na parte aérea devido a maior disponibilidade de água. E, conseqüentemente, apresentam potencial mais elevado para fornecer este elemento ao solo.

As propriedades físicas do solo potencialmente afetadas pela incorporação de matéria orgânica promovida pela adubação verde são a estabilidade dos agregados, densidade do solo, porosidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração de água (POLLI et al., 1996). Os mesmo autores afirmam que a adubação verde pode interferir em diversos atributos do solo, pois a adição de matéria orgânica altera as propriedades químicas, físicas e biológicas do mesmo.

A adubação verde constitui um conjunto de ações integradas que trazem grandes benefícios aos solos degradados e sistemas agrícolas em geral, dentre eles estão: a proteção do solo contra erosão, elevação da taxa de infiltração e aumento da capacidade de retenção de água, recuperação da estrutura, adição de matéria orgânica, aumento da CTC, promoção do aumento do teor de nitrogênio, aumento e diversificação da população de microrganismos do solo, incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis em camadas mais profundas do solo (PINTO; CRESTANA, 1998).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas de um solo são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e das interações desses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Diversos estudos têm sido realizados no sentido de avaliar esses efeitos que a adubação verde exerce nas propriedades de um solo, principalmente em se tratando de recuperação de solos degradados. Com objetivo de avaliar a contribuição de adubos verdes na melhoria das características físicas de um solo degradado devido à construção de uma Usina Hidrelétrica, Boni et al. (1994), utilizou as espécies leguminosas crotalária e guandu. Os mesmos verificaram que, as camadas compactadas tiveram redução de densidade do solo, havendo também, elevação da porosidade.

Há trabalhos que relatam a interação entre a adubação química e adubação verde, visto que, os resultados têm apresentado efeitos positivos. Melo (1994) ao testar o efeito desta interação utilizando forrageiras de inverno e de verão em uma área de empréstimo, observou em um período de 2 anos que, as espécies forrageiras associadas à adubação química, promoveram efeitos positivos na melhoria das características químicas e físicas do solo. Alves e Souza (2008) avaliando os efeitos desta interação nas propriedades físicas de um solo degradado pela construção de uma Usina Hidrelétrica, verificou que, o tratamento com mucuna-preta sem adubação química foi o mais promissor para a melhoria das propriedades físicas do subsolo em recuperação.

Com relação à utilização de adubos verde na recuperação de área degradada, Suzuki (2005) desenvolveu trabalho cujo objetivo foi analisar os efeitos dos adubos verdes e também da adubação orgânica, utilizando lodo de esgoto, na recuperação do subsolo. O mesmo utilizou para revegetar a área, a espécie nativa do cerrado *Astronium fraxinifollium* Schott, popularmente conhecida como Gonçalo-alves, e verificou que para os atributos físicos do solo as diferentes fontes de matéria orgânica agiram de forma semelhante e na combinação lodo de esgoto mais braquiária proporciona maior altura de planta da espécie gonçalo-alves.

Em áreas degradas recomenda-se a implantação de gramíneas e leguminosas para melhor cobertura do solo e de espécies florestais para continuar o processo de recuperação. As gramíneas e leguminosas são benéficas à estruturação dos solos, principalmente pela alta densidade de raízes, promovendo a aproximação de partículas de solo, estimulando a atividade microbiana e distribuição de exudados no solo, influenciando na formação de agregados (CAMPOS; ALVES, 2008)

No início da restauração de uma área degradada, a característica mais importante é incrementar a formação de uma cobertura vegetal, capaz de evitar processos drásticos de erosão e dar início à formação de uma camada orgânica do solo (REIS; KAGEYAMA, 2003). Ceconi et al. (2006) complementa que, para recuperar um solo em estado de degradação, inúmeros processos são necessários, mas a sua cobertura é imprescindível, sendo a mesma

importante para sua proteção contra erosão, e, além disso, produzir biomassa para aumentar a matéria orgânica e proporcionar a ciclagem de nutrientes. Os mesmos autores afirmam ser de fundamental importância a seleção de coberturas vegetais, com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de “palhada”, bem como a reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos do solo e na resposta das culturas subseqüentes.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são usadas na forragicultura desde a década de 1950. A braquiária é o capim mais plantado no país, sendo utilizada na cria, recria e engorda dos animais. Essa gramínea vem ocupando as áreas das pastagens nativas, que geralmente são de baixa produção (NUSSIO et al., 2000).

A *Brachiaria decumbens* é uma espécie perene, que ocorre de forma nativa no leste tropical da áfrica em altitudes acima de 800 m, sob clima moderadamente úmido, em pastagens abertas ou em áreas com arbustos esporádicos e em solos férteis (CARVALHO et al., 1991). A *B. decumbens* é adaptada a muitos tipos de solo, e requer boa drenagem, condições de boa fertilidade, embora tolere condições de acidez. A mesma não produz quantidades satisfatórias de forragem em solos com teores baixos de fósforo e potássio. No entanto, tem demonstrado respostas acentuadas a níveis mais altos de P e K no solo e N em cobertura (ZIMMER et al., 1994).

A cobertura vegetal promove redução significativa nas perdas de solo em relação à ausência de cobertura, além disso, contribui na melhoria da estruturação do solo, que é um dos fatores mais decisivos na manifestação da resistência à erosão, na ciclagem de nutrientes e no aumento da atividade microbiana do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Neste sentido, Gonçalves et al. (2003) afirmam que, nos estágios iniciais de estabelecimento, são desejáveis que as espécies sejam rústicas, apresentando as seguintes características: tolerância ao estresse hídrico; boa adaptação em solos com baixa disponibilidade de nutrientes; bom nível de crescimento, propiciando rápido recobrimento da área, o que reduz o processo erosivo e a competição por plantas invasoras; e sistema radicular vigoroso, capaz de explorar amplos volumes de solo sob condições adversas, melhorando seus atributos físicos.

Para este início, Reis e Kageyama (2003) recomendam que seja necessário utilizar espécies pioneiras agressivas, capazes de rapidamente cobrir o solo, e ao mesmo tempo, permitir a formação de uma camada de serapilheira, ambiente propício aos primeiros decompositores. Este papel tem sido geralmente ocupado por gramíneas, devido a sua fisiologia específica do tipo C4.

As plantas C4 são capazes de grande produtividade primária. Devido a esta característica, as gramíneas conseguem acumular uma grande quantidade de matéria orgânica em pouco tempo. Destacando-se as braquiárias (*Brachiaria* spp.), o capim colonião (*Panicum maximum*) e o capim melado (*Melinis minutiflora*) (REIS; KAGEYAMA, 2003).

Estudos sobre a revegetação de áreas perturbadas mostram que a introdução de espécies herbáceas facilita a interação entre os fatores químicos, físicos e biológicos do solo (LUCHESI et al., 1992). Estas espécies, dado o seu rápido crescimento vegetativo e grande volume de raízes, protegem o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, evitando a desestruturação do solo, aumentam a taxa de infiltração de água, reduzindo o escorrimento superficial, diminuindo o assoreamento dos rios e barragens, e aumentam o teor de matéria orgânica, fixando C no solo e incrementando a atividade microbiana.

Com relação às braquiárias, Ceconi et al. (2006) salientam que, as mesmas são as espécies forrageiras mais disseminadas e cultivadas no Brasil. Além disso, são as principais gramíneas de cobertura vegetal, e em função deste fato, são normalmente manejadas visando à conservação do solo, manutenção e aumento da matéria orgânica, melhorando as propriedades físicas e químicas do solo.

Existem diversos trabalhos do uso de gramíneas na recuperação de áreas degradadas. Dentre eles cita-se um trabalho realizado em um solo degradado pela mineração de carvão, utilizando a espécie *Brachiaria brizantha* na cobertura e recuperação do mesmo. Por meio deste estudo, Ceconi et al. (2006) afirmam a importância deste tipo de cobertura, não só para proteção do solo, mas também no que diz respeito à ciclagem de nutrientes via decomposição da mesma.

Avaretto et al. (2000) avaliaram os efeitos de espécies forrageiras na fertilidade do solo e nas características da palhada em área degradada pela mineração do xisto, no Estado do Paraná. Os mesmos verificaram que, as espécies forrageiras propiciaram alterações nas características químicas do solo. Quanto à cobertura do solo, foram observados em todos os sistemas forrageiros resultados satisfatórios sob o ponto de vista do controle da erosão.

Com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica de uma área de empréstimo, Colodro (2005) semeou braquiária (*Brachiaria decumbens*), pois, por meio da massa vegetal da parte área e raízes, e observou um incremento na qualidade do solo (aumento significativo de seus conteúdos de fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica e CTC) num período de estudo de 360 dias.

Bonini (2007) avaliou o efeito de duas doses de lodo de esgoto, adubação mineral no cultivo de eucalipto e braquiária em áreas degradadas remanescentes da construção da usina hidroelétrica de Ilha Solteira - SP e verificou que uma maior produção de matéria seca nos tratamentos com lodo de esgoto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no município de Selvíria, MS. A mesma está localizada na margem direita do Rio Paraná, apresentando as coordenadas geográficas de 51^0 22’ de longitude oeste de Greenwich e 20^0 22’ de latitude sul, com altitude de 327 metros (Figura 1). Apresenta médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar de: 1370 mm, $23,5^0$ C e 70-80 %, respectivamente (DEMATTÊ, 1980).

O solo da área de estudo foi classificado com Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (DEMATTÊ, 1980), textura franco argilo-arenosa (KITAMURA, 2007), muito profundo, rico em sesquióxidos. A sua fração argila é de baixa atividade e denominada essencialmente pela gibsita e caulinita. Pela nomenclatura atual no nível de grande grupo é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006).

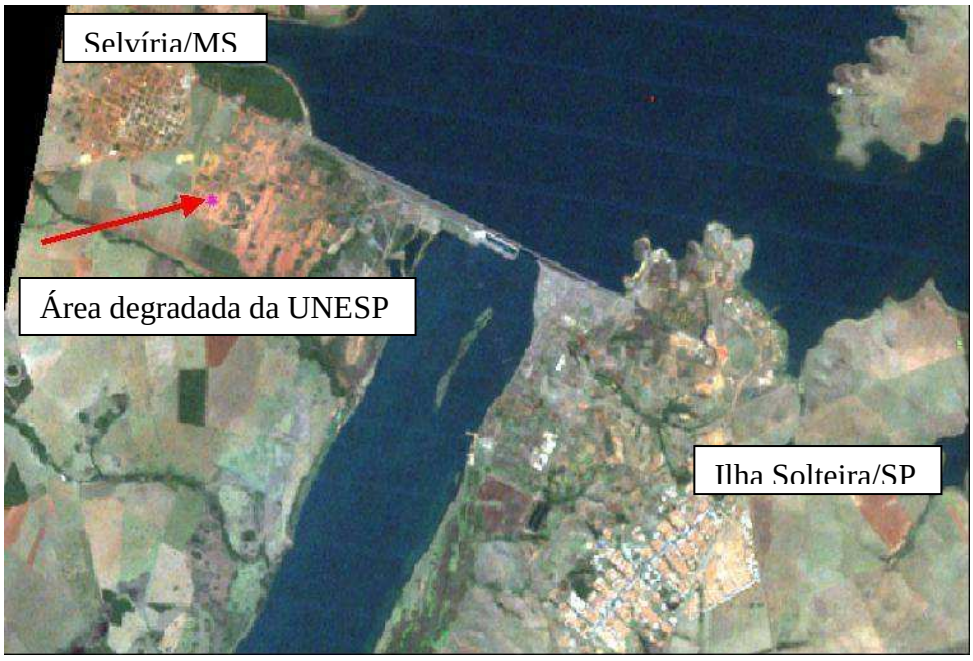

Figura 1. Imagem de satélite com seta indicando a área experimental.

3.2 Histórico do trabalho de recuperação da área experimental

A usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP teve o início de sua construção na década de 60, sendo que da área em estudo foi retirado solo para a terraplanagem e fundação da barragem, dando origem a uma área degradada, a qual é denominada de "área de empréstimo". Foi removida uma camada de 8,6 metros do perfil do solo original, sendo que o subsolo da área em estudo estava exposto desde 1969 (ALVES; SOUZA, 2008) (Figura 2).

Figura 2. Vista geral da área decapitada mostrando o corte de 8,60 m de espessura.

No ano de 1992, o subsolo apresentava-se com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea (Figura 3). Nesse mesmo ano iniciou-se o trabalho de recuperação, e o solo foi preparado efetuando-se uma subsolagem atingindo profundidade média de 0,40 m. Foi efetuada também, uma aração e após essa operação, uma gradagem niveladora. A caracterização físico-química da área foi realizada no momento da instalação do experimento (Anexo A).

Figura 3. Subsolo exposto com compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea.
Fonte: Alves, 2001.

A correção do solo foi baseada na caracterização química da área experimental. A aplicação de calcário para elevar a saturação por bases a 70 %, foi efetuada, empregando-se a quantidade de 18,5 kg de calcário por parcela (1850 kg de calcário por ha) nas parcelas com calcário somente e, no caso das parcelas com calcário e gesso, houve a substituição de 25% de CaO do calcário por 25% do gesso, aplicando-se 5,2 kg de gesso (520 kg de gesso por ha) e 13,8 kg de calcário por parcela (1380 kg de calcário por ha), ambos incorporados no solo. Foi utilizado calcário dolomítico com PRNT de 70 %.

Foram semeadas em dezembro-janeiro dos anos de 1992 a 1996 espécies de adubos verdes (mucuna-preta, guandu, aveia-preta e feijão-de-porco) (Figuras 4, 5, 6), a semeadura das espécies foi realizada manualmente e, a densidade de semeadura dos adubos verdes foi de 10 plantas por metro linear, com o intuito de melhorar as características físicas e químicas do subsolo em estudo e, no inicio do florescimento foram roçadas e deixadas na superfície.

Figura 4. Vista geral da área experimental, fevereiro de 1992.
Fonte: Alves, 2001.

Em 1996 foi realizada novamente a correção do solo, com base na análise química, para os tratamentos com calcário e calcário mais gesso. A substituição de CaO do calcário pelo CaO do gesso seguiu o mesmo procedimento do inicio do experimento. A correção foi efetuada nos casos em que a saturação por bases estava inferior a 60 %, objetivando-se elevá-la a 70 %.

Em janeiro de 1997, foi semeada em toda a área experimental a cultura do milho (Zea mays L.) utilizando a semente AG 405 e 250 kg ha^{-1} da fórmula 4-30-10 mais 0,3 % de zinco, sem aplicação de calcário; porém, sem muito sucesso, pois as plantas apresentaram pouco crescimento e obteve-se baixo rendimento de grãos, com espigas de 0,10 m de comprimento. Em junho de 1998, foi semeada a aveia-preta (Avena strigosa Schieb.), houve boa germinação, porém, por falta de água, a cultura não resistiu e, com poucos centímetros de altura morreu (Figura 7). Em fevereiro de 1999, foi semeada a *Brachiaria decumbens* Stapf., com o intuito de proteger o solo e acumular matéria orgânica ao mesmo (Figuras 8 e 9). Em 2006, avaliou-se a presença espontânea de espécies arbóreas nativas de cerrado (Figuras 10 e 11).

Figura 5. Vista geral da área experimental, fevereiro de 1993.
Fonte: Alves, 2001.

Figura 6. Vista geral da área experimental, fevereiro de 1994.
Fonte: Alves, 2001.

Figura 7. Vista geral da área experimental (aveia-preta), julho de 1998.
Fonte: Alves, 2001.

Figura 8. Vista geral da área experimental (*Brachiaria decumbens*), julho de 1999.
Fonte: Alves, 2001.

Figura 9. Vista geral da área experimental, julho de 2001.
Fonte: Alves, 2001.

Figura 10. Vista geral da área experimental, setembro de 2007.
Fonte: Costa, 2007.

Figura 11. Vista geral da área experimental, janeiro de 2009.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constando de nove tratamentos e quatro repetições. A dimensão de cada parcela foi de 10 m x 10 m.

Os tratamentos foram:

1 - SM/B: Solo mobilizado e ocorrência de vegetação espontânea, até 1999, após implantada *Brachiaria decumbens;*

2 - MP/B: Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy) até 1999 após substituída por *B. decumbens;*

3 - G/FP/B: Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens;*

4 - C+MP/B: Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por *B. decumbens;*

5 - C+G/FP/B: Calcário + Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por *B. decumbens;*

6 - C+Ge+MP/B: Calcário + Gesso + Mucuna-preta até 1999 após substituída por *B. decumbens;*

7 - C+Ge+G/FP/B: Calcário + Gesso + Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituido por *B. decumbens* e, duas Testemunhas:
8 – SE: Solo exposto (sem técnica de recuperação) e
9 - MA: Vegetação nativa de Cerrado.

3.4 Avaliações do solo

A amostragem do solo foi realizada em 2008 e 2009, as camadas de solo coletadas foram: 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Foram realizadas 3 repetições por parcela. As amostras foram coletadas nos meses de janeiro e fevereiro.

3.4.1 Análises físicas do solo

Foram analisadas as propriedades físicas:
- microporosidade pelo método da mesa de tensão, com coluna de água de 0,60 m, segundo EMBRAPA (1997) e a macroporosidade obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Figura 12);
- a porosidade total (pela saturação do volume da amostra) e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico de acordo com EMBRAPA (1997) (Figura 13);
- distribuição e estabilidade de agregados em água pela metodologia de Angers e Mehuys (2000) (Figura 14);

Para as análises, de acordo com as suas especificidades, foram coletadas amostras indeformadas de solo, com anel volumétrico, e deformadas, com trado de caneca, em três camadas de solo: 0,00–0,10; 0,10–0,20 e de 0,20–0,40 m. Nas camadas de solo: 0,00-0,15 e 0,15-0,30 m foram avaliadas a resistência do solo à penetração e a umidade gravimétrica. Para todas as análises realizadas foram coletadas três amostras por parcela em cada camada de solo e avaliada a resistência do solo à penetração em três pontos por parcela.

Figura 12. Amostras indeformadas coletadas em janeiro de 2009.

Figura 13. Coleta de amostra indeformada com anel volumétrico.

3.4.2 Análises químicas do solo

As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983) e foram avaliados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas as somas de bases (SB = Ca + Mg + K), capacidade de troca catiônica (CTC = SB + (H + Al)) e saturação por bases (V% = (100 x SB) / CTC). As amostras foram coletadas nas mesmas camadas de solo e datas em que foram coletadas as amostras para análise física do solo, em cada parcela foram coletadas amostras em cinco pontos e feita uma amostra composta (Figura 15).

Figura 14. Torrão coletado para análise de estabilidade de agregados em água.

Figura 15. Trincheira aberta para a coleta de solo para análise química.

Figura 16. Coleta do material para avaliação da matéria seca.

3.5 Análise da produção de matéria seca de braquiária

Foi avaliada a produção de matéria seca da braquiária nos anos de 2008 e 2009, a cada três meses, sendo as coletas realizadas nos meses de janeiro, abril, julho e outubro. Foram coletadas plantas contidas em 1,00 m^2, de dois pontos de cada parcela. A massa de matéria seca foi avaliada por pesagem (estufa a 60–70º C até atingir massa constante). Os dados foram representados em kg ha^{-1} (Figura 16).

3.6 Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente após 14 anos de intervenção antrópica para recuperação do solo

Foram avaliadas as seguintes características das espécies arbóreas: o diâmetro do caule e a altura (Figuras 17 e 18). O diâmetro das plantas foi mensurado com um paquímetro digital, a 0,10 m acima do nível do solo. A altura das plantas foi medida com o auxílio do aparelho hipsômetro, tomando como base a gema apical das plantas.

Figura 17. Medição do diâmetro do caule das espécies arbóreas.

3.7 Forma de análise estatística dos resultados

Os dados físico-químicos do solo e a matéria seca da braquiária foram analisados efetuando-se a análise de variância, teste de Scott-Knott para as comparações de média no nível de 5% de probabilidade. Foi usado o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2003) para a realização da análise estatística. Os dados de distribuição e estabilidade de agregados em água, nos anos de 2008 e 2009; para potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, alumínio, soma de bases e saturação por bases, para o ano de 2008; foram transformados ($\sqrt{x}+0,5$) em todas as camadas de solo estudadas (0,00-0,10m; 0,10-0,20m e 0,20-0,40m).

Figura 18. Medição da altura das espécies arbóreas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas do solo

4.1.1 Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo

Para a macroporosidade, observa-se que houve significância em todas as camadas estudadas, nos anos de 2008 e 2009 (Quadro 1).

Em 2008, para a macroporosidade os valores encontrados nos tratamentos de recuperação do solo, mostram que na camada de 0,00-0,10 m, os tratamentos C+MP/B, C+G/FP/B, C+Ge+MP/B e C+Ge+G/FP/B estão acima do valor considerado crítico por Greenland (1981) que considera para um bom desenvolvimento das plantas, macroporosidade superior a 0,10 m^3m^{-3}. Kiehl (1979) menciona que o solo ideal deve apresentar 1/3 de macroporosidade, dos 50 % ocupados pelo espaço poroso, isto é 0,17 m^3 m^{-3}. Mas todos os tratamentos de recuperação não diferiram estatisticamente entre si bem como da testemunha solo exposto, diferindo somente da testemunha vegetação nativa do cerrado. Esse comportamento na camada superficial mostra que houve uma evolução positiva deste atributo em relação às pesquisas realizadas por Alves (2001) e Andrade Júnior (2004), que iniciaram o trabalho de recuperação da área em estudo.

Em 2009, para a macroporosidade os valores encontrados nos tratamentos de recuperação do solo, na camada de 0,00-0,10 m, revelam que os tratamentos de recuperação não tiveram diferenças entre si e diferiram das testemunhas: vegetação nativa do cerrado e solo exposto. Esse comportamento mostra uma melhoria dos tratamentos de recuperação em relação à testemunha usada como referência ao solo degradado, no entanto, os tratamentos para recuperação do solo foram iguais estatisticamente entre si. Apesar da evolução positiva da macroporosidade, este atributo físico ainda não atingiu semelhança à vegetação nativa do cerrado, concordando com Alves e Suzuki (2004) que verificaram que as propriedades físicas de solos de Cerrado respondem lentamente à recuperação com plantas de cobertura, em um processo de recuperação de solo. Estudos realizados Campos e Alves (2006) em área

degradada semelhante à desta pesquisa, verificaram a recuperação atingiu a camada de 0,00-0,05 m, porém, neste estudo mostra que o efeito da matéria orgânica tem atingido até a camada de 0,10 m.

Quadro 1. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a macroporosidade ($m^3 m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	0,096 B	0,050 B	0,051 B
MP/B	0,087 B	0,060 B	0,053 B
G/FP/B	0,095 B	0,055 B	0,045 B
C+MP/B	0,111 B	0,071 B	0,048 B
C+G/FP/B	0,134 B	0,054 B	0,064 B
C+Ge+MP/B	0,115 B	0,061 B	0,041 B
C+Ge+G/FP/B	0,109 B	0,064 B	0,060 B
MA	0,188 A	0,140 A	0,144 A
SE	0,055 B	0,057 B	0,048 B
F	11,980*	60,321*	40,710*
CV (%)	16,57	9,03	13,93
		2009	
SM/B	0,122 B	0,074 A	0,080 B
MP/B	0,128 B	0,072 A	0,055 C
G/FP/B	0,141 B	0,060 B	0,092 A
C+MP/B	0,115 B	0,072 A	0,055 C
C+G/FP/B	0,114 B	0,058 B	0,080 B
C+Ge+MP/B	0,128 B	0,061 B	0,050 C
C+Ge+G/FP/B	0,127 B	0,069 A	0,074 B
MA	0,186 A	0,110 A	0,100 B
SE	0,070 C	0,056 B	0,060 C
F	9,858*	3,18*	13,43*
CV (%)	26,35	28,00	19,95

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Para as camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m os valores de macroporosidade estão abaixo dos valores considerados críticos para o bom desenvolvimento do sistema radicular, tanto em 2008 como em 2009, abaixo da profundidade de 0,10 m o solo continua degradado, este fato revela que a influência da matéria orgânica do solo proporcionada pela cultura braquiária atingiu somente a camada de 0,00-0,10m. O arranjamento das partículas do solo é influenciado pelo manejo, pela atividade de micro, meso e macro organismos e pelo crescimento das raízes (INGARAMO, 2003).

No Quadro 2 estão os resultados referentes à microporosidade nas camadas estudadas, nos anos de 2008 e 2009.

No ano de 2008, na camada de 0,00-0,10 m, os tratamentos para a recuperação do solo: C+Ge+MP/B e C+G/FP/B foram iguais estatisticamente à vegetação nativa do cerrado, os demais tratamentos não diferiram entre si nem do solo exposto. Na camada 0,10-0,20 m, todos os tratamentos de recuperação diferiram da vegetação nativa do cerrado e os tratamentos: C+Ge+G/FP/B, C+Ge+MP/B, C+G/FP/B e C+MP/B não diferiram do solo exposto. Já os tratamentos SM/B; MP/B e G/FP/B diferiram dos demais, porém, não diferiram entre si. Na camada de 0,20-0,40 m o teste F não foi significativo.

No ano de 2009, em todas as camadas estudadas, o teste F foi significativo. Analisando as médias entre os tratamentos, o teste de Scott-Knott (5%) mostrou que a testemunha vegetação nativa do cerrado diferiu do solo exposto e dos tratamentos de recuperação.

Quando um solo apresenta altos valores de microporosidade, significa que este solo está degradado, o ideal segundo Kiehl (1979) é que o solo deve ter 2/3 de microporosidade, dos 50% ocupados pelo espaço poroso do solo. Alves (2001) menciona que a microporosidade e a porosidade total são alteradas a medida que as condições de macroporosidade são modificadas. Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, o efeito imediato é o aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade. Foi verificado por Kitamura et al. (2008) que a redução da macroporosidade nos solos degradados decorre do aumento da sua compactação, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo.

A microporosidade do solo sem tratamento para recuperação (solo exposto) e do solo que está recebendo os tratamentos para recuperação estão semelhantes, indicando que as mudanças na estruturação do solo ainda não estão sendo detectadas por essa propriedade física.

Quadro 2. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a microporosidade ($m^3 m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	0,324 A	0,312 A	0,292
MP/B	0,338 A	0,318 A	0,325
G/FP/B	0,326 A	0,306 A	0,313
C+MP/B	0,316 A	0,293 B	0,295
C+G/FP/B	0,287 B	0,285 B	0,292
C+Ge+MP/B	0,277 B	0,290 B	0,312
C+Ge+G/FP/B	0,307 A	0,290 B	0,319
MA	0,277 B	0,229 C	0,286
SE	0,319 A	0,299 B	0,286
F	2,315*	11,896*	$1,076^{ns}$
CV (%)	8,29	4,43	7,86
		2009	
SM/B	0,316 A	0,302 A	0,305 A
MP/B	0,302 A	0,289 A	0,296 B
G/FP/B	0,306 A	0,308 A	0,285 B
C+MP/B	0,295 B	0,293 A	0,290 B
C+G/FP/B	0,305 A	0,290 A	0,305 A
C+Ge+MP/B	0,287 B	0,286 A	0,306 A
C+Ge+G/FP/B	0,304 A	0,292 A	0,291 B
MA	0,226 C	0,266 B	0,259 C
SE	0,283 B	0,297 A	0,295 B
F	13,67*	2,67*	6,84*
CV (%)	8,49	8,47	6,65

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Em 2008, para a porosidade total, o comportamento foi semelhante nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m e somente na camada 0,20-0,40 m houve significância. Em 2009, em todas as camadas estudadas houve diferença significativa (Quadro 3). Observou-se, de forma geral, que o solo exposto apresentou menor porosidade total na camada superficial (0,00-0,10 m) e nas demais camadas o comportamento foi semelhante. A porosidade total

nada mais é do que a soma da macro e microporosidade, então não se pode afirmar que altos valores de porosidade do solo, indicam que o solo está em condição adequada. A distribuição do tamanho de poros é de extrema importância para avaliar a qualidade da estrutura do solo. E segundo Taboada-Castro et al. (2009) a perda de estrutura do solo implica uma diminuição da qualidade do solo e produtividade.

Quando ocorre a degradação da estrutura do solo, há modificações no arranjamento de suas partículas, provocando diminuição no tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanho maior (macroporos) (SOUZA; ALVES, 2003).

Para a densidade do solo, no ano de 2008 e 2009 (Quadro 3), o teste F foi significativo, em todas as camadas de solo estudadas. Os valores de densidade do solo encontrados na camada superficial (0,00-0,10 m) estão de acordo com o valor considerado médio para esta classe textural. Reichert et al. (2003) consideram que a densidade do solo crítica, para o bom desenvolvimento do sistema radicular, é igual a 1,55 kg dm^{-3} para solos de textura média. Nas demais camadas estudadas e nos anos estudados, nota-se que os valores da densidade do solo estão acima do valor crítico considerado por Reichert et al. (2003).

Campos e Alves (2006), Bonini, Alves e Oliveira (2008b), e Kitamura et al. (2008) trabalhando com recuperação de áreas degradadas e estudando as propriedades físicas observaram que a adição de matéria orgânica no solo via adubos verdes, adubos verdes+lodo de esgoto e lodo de esgoto diminuiu a densidade do solo e melhorou a distribuição do tamanho de poros.

Boni et al. (2004) estudando recuperação de áreas degradadas verificaram aumento no volume total de poros e diminuição da densidade do solo. Resultados que corroboram com os verificados (Quadros 1, 2, 3 e 4), pois os tratamentos para a recuperação do solo apresentaram valores de densidades do solo semelhantes a condição natural do solo de cerrado, principalmente na camada superficial e no ano de 2009. Para o solo exposto (degradado) os valores de densidade do solo foram maiores e diferentes da condição do solo natural de cerrado.

Quadro 3. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a porosidade total do solo ($m^3\ m^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	0,421	0,362	0,353 B
MP/B	0,425	0,378	0,378 B
G/FP/B	0,421	0,362	0,360 B
C+MP/B	0,428	0,365	0,342 B
C+G/FP/B	0,421	0,340	0,355 B
C+Ge+MP/B	0,393	0,352	0,352 B
C+Ge+G/FP/B	0,417	0,354	0,378 B
MA	0,466	0,369	0,430 A
SE	0,373	0,355	0,334 B
F	$2,179^{ns}$	$2,347^{ns}$	3,437*
CV (%)	7,04	3,46	7,31
		2009	
SM/B	0,440 A	0,376 A	0,391 A
MP/B	0,430 A	0,362 A	0,348 C
G/FP/B	0,448 A	0,367 A	0,377 A
C+MP/B	0,412 B	0,367 A	0,345 C
C+G/FP/B	0,416 B	0,351 B	0,380 A
C+Ge+MP/B	0,415 B	0,349 B	0,359 B
C+Ge+G/FP/B	0,430 A	0,360 A	0,362 B
MA	0,410 B	0,380 A	0,370 B
SE	0,353 C	0,333 B	0,319 D
F	7,55*	2,67*	10,37*
CV (%)	8,28	8,52	6,21

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Analisando-se as testemunhas (área de vegetação natural de cerrado e área degradada sem intervenção para recuperação) observou-se que os maiores e menores valores, respectivamente, ocorreram para a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo, para todas as camadas de solo estudadas em 2008 e em 2009 (Quadros 1, 3 e 4).

Comportamento semelhante foi verificado por Campos e Alves (2006) e Kitamura et al. (2008), demonstrando que a área degradada tem baixa resiliência.

Comparando-se o tratamento solo mobilizado sem plantio até 1999 e após cultivado com braquiária, com 17 anos de início do processo de recuperação, de forma geral verificou-se que o mesmo encontrou-se semelhante aos demais tratamentos implantados com a finalidade de recuperação do solo. Resultados que concordam com os obtidos por Andrade Junior (2004) o qual estudando as propriedades físicas do solo nesta mesma área, constatado que os tratamentos para recuperação tiveram efeitos semelhantes entre si.

A densidade do solo foi a propriedade física mais sensível para detectar mudanças entre tratamentos, portanto, mostrando-se melhor indicador da qualidade física do solo.

Nas camadas subsuperficiais (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m) dados obtidos neste trabalho e comparados com os obtidos nesta mesma área por Andrade Júnior (2004) e Alves e Souza (2008) mostram que houve melhoria na qualidade física do solo. Mas, observa-se que as propriedades físicas ainda estão degradadas (macroporosidade menor, densidade do solo maior, porosidade total menor). Reichert et al. (2003) afirmam que a avaliação da qualidade do solo tem dimensão espacial e temporal. O intervalo entre medições para que o indicador avalie mudanças, portanto, depende do tempo necessário para que dado manejo produza alterações quantificáveis, e sua freqüência no espaço deve considerar as variações espaciais provocadas pelo solo. Andrade Júnior (2004) menciona que ao longo do tempo as raízes da braquiária fornecem matéria orgânica para o solo e a adição da matéria orgânica por meio dos adubos verdes e do sistema radicular da braquiária proporciona um efeito positivo sobre as propriedades físicas do solo.

Com o passar dos anos houve recuperação na camada superficial do solo e houve redução na densidade do solo e uma melhor distribuição no tamanho dos poros, fato este também observado por Alves (2001). Os tratamentos agiram de forma semelhante na recuperação dessas propriedades físicas, resultados que confirmam os encontrados por Alves (2001) e Alves et al. (2007).

Quadro 4. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a densidade do solo (kg dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	1,50 B	1,73 A	1,76 A
MP/B	1,41 B	1,63 B	1,63 A
G/FP/B	1,48 B	1,66 A	1,73 A
C+MP/B	1,46 B	1,65 A	1,78 A
C+G/FP/B	1,50 B	1,69 A	1,80 A
C+Ge+MP/B	1,42 B	1,66 A	1,79 A
C+Ge+G/FP/B	1,52 B	1,61 B	1,63 A
MA	1,21 C	1,54 C	1,35 B
SE	1,71 A	1,71 A	1,85 A
F	11,069*	5,283*	8,691*
CV (%)	4,61	2,61	5,22
		2009	
SM/B	1,42 C	1,61 B	1,73 B
MP/B	1,43 B	1,63 B	1,67 B
G/FP/B	1,38 C	1,61 B	1,63 C
C+MP/B	1,48 B	1,66 A	1,81 A
C+G/FP/B	1,44 B	1,64 B	1,69 B
C+Ge+MP/B	1,46 B	1,68 A	1,78 A
C+Ge+G/FP/B	1,45 B	1,65 A	1,71 B
MA	1,40 C	1,59 B	1,54 D
SE	1,70 A	1,73 A	1,87 A
F	13,19*	2,55*	11,284*
CV (%)	6,13	5,54	5,98

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

4.1.2 Distribuição e estabilidade de agregados em água

Em 2008, a distribuição e estabilidade de agregados em água na camada de 0,00-0,10 m (Quadro 5), representadas pelas classes de tamanho de agregados e diâmetro médio ponderado (DMP), somente para a classe de diâmetro com tamanho de 4-2 mm o teste F não foi significativo. No ano de 2009, obteve-se comportamento semelhante para a distribuição e estabilidade de agregados em água (Quadro 6).

Verificou-se que para a porcentagem de estabilidade de agregados referente a classe de diâmetro entre 6-4 mm os tratamentos para recuperação do solo agiram de forma semelhante para esta propriedade física do solo (Quadros 5 e 6). Kiehl (1979) diz que a incorporação de matéria orgânica no solo provoca intensa atividade de microrganismos, os quais agem como cimentantes das partículas pelos seus micélios, ou pelas substâncias viscosas produzidas.

Foi verificado neste trabalho que a incorporação de matéria orgânica na camada superficial refletiu em maiores porcentagens de agregados estáveis em água. Estudo realizados por Colodro et al. (2007) mostram que a adição de material orgânico no solo aumenta a atividade biológica e conseqüentemente a melhora a estruturação do solo.

As testemunhas (vegetação nativa do cerrado e solo exposto) tiveram maior e menor porcentagem de agregados estáveis em água com o diâmetro entre 6-4 mm, respectivamente (Quadros 5 e 6), comportamento explicado devido a primeira testemunha ser solo em sua condição natural, sem intervenção do homem (maior quantidade de matéria orgânica e atividade da fauna edáfica) e o segundo, um solo degradado (baixa quantidade de matéria orgânica e atividade biológica).

Com isso, solos que perderam a camada superficial (onde está concentrado maior teor matéria orgânica, população responsável pela reciclagem de nutrientes e manutenção da estrutura do solo) possuem baixa resistência, ou melhor, o seu retorno ao estado anterior não pode acontece ou é extremamente lenta, sendo necessária a adição de material orgânico e de praticas mecânicas que visam a descompactação do solo (TABOADA-CASTRO et al., 2009).

Nos demais diâmetros (4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) o comportamento foi semelhante. A menor porcentagem na vegetação nativa de cerrado e a maior no solo exposto (Quadros 5 e 6), resultados que comprovam que o solo exposto com baixo teor de matéria orgânica, revela pouca agregação entre partículas secundárias.

Resultados encontrados por Campos (2006) e Bonini, Oliveira e Alves (2007) concordam com esta pesquisa, esses pesquisadores trabalhando com recuperação de áreas degradadas verificaram aumento no DMP quando adicionado matéria orgânica e seu papel na agregação do solo é um processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico para manter a estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas (CAMPOS et al., 1995).

Em 2008, analisando a classe de tamanho de agregados com diâmetro entre 6-4 mm, os valores para os tratamentos com guandu e mucuna-preta e suas combinações foram semelhantes, mas analisando os tratamentos com guandu, o tratamento com calcário+guandu foi o melhor. Já entre os tratamentos com mucuna, o sem combinação, isto é somente com a mucuna-preta (sem correção do solo e/ou adição de gesso) foi o melhor (Quadro 5). Em 2009, o comportamento dos tratamentos referente a estabilidade dos agregados em água para a classe entre o diâmetro de 6-4 mm foi semelhante ao ocorrido em 2008 (Quadro 6).

Em 2008, quanto ao DMP (diâmetro médio ponderado) a vegetação nativa do cerrado teve maior valor e os tratamentos: C+Ge+G/FP/B, C+Ge+MP/B, C+G/FP/B e MP/B foram iguais estatisticamente e com valores semelhantes a vegetação nativa do cerrado (Quadros 5 a 10). Já em 2009 os tratamentos C+G/FP/B, MP/B e G/FP/B foram semelhantes a vegetação nativa do cerrado (Quadros 5 a 10) e estes dados quando comparados com Andrade Júnior (2004) mostram que houve incremento de até 2,00 mm nos tratamentos de recuperação e que os adubos verdes agiram ao longo do tempo. Dados estes que concordam com os obtidos para a matéria orgânica (Quadro 15). Resultados contrastantes foram encontrados por Taboada-Castro et al. (2009) que trabalhando na mesma área degradada em 2005, não verificaram nenhum efeito ou correlações positivas entre o teor de materia orgânica e a estabilidade de agregados. Os mesmos autores afirmam que a agregação do solo está sujeito às mudanças, permanentes ou temporários, que mostra variação cíclica dependendo do clima, tipo de solo, práticas de manejo do solo e quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos incorporados no solo. E ainda sugerem que é importante verificar a estabilidade de agregados nas diferentes fases do processo de recuperação.

O experimento desde 1999 está com *B. decumbens* em todas as parcelas e essa cobertura protege o solo contra a desagregação pelo impacto da chuva e variações bruscas de umidade. Ao mesmo tempo, o contínuo fornecimento de material orgânico, quer por secreções radiculares, quer por renovação do sistema radicular e da parte aérea ou dos resíduos de colheita, serve de fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes

de formação e estabilização dos agregados. Ao lado desses benefícios, manifesta-se também o efeito mecânico e físico das raízes sobre a formação dos agregados (ALVES, 2001).

Efeitos semelhantes aos encontrados neste trabalho foram verificados por Costa et al. (2009) que trabalhando com a aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e do calcário, como forma de aumentar a disponibilidade de M.O. no solo, principalmente na dose de 8 t ha^{-1}, constataram aumento na agregação das partículas do solo, resultando em maior quantidade de agregados retidos na peneira de 4,0–2,0 mm e, consequentemente, menor quantidade na classe de 0,05–0,025 mm.

Em 2008, na camada de 0,10-0,20 m o teste F foi significativo para as classes de diâmetros entre 6-4; 4-2; 1-0,5; 0,5-0,25; <0,25 e DMP (Quadro 7). Nesta camada os valores encontrados para o diâmetro de 6-4 mm nos tratamentos de recuperação diferiram somente em relação a testemunha (vegetação nativa do cerrado) e para os demais diâmetros os tratamentos para recuperação do solo tiveram o mesmo comportamento.

Os resultados para 2009 (Quadro 8) mostram que na camada de 0,10-0,20 m o teste F foi significativo para os todos os diâmetros, menos para o de 4-2 mm. Nesta camada os valores encontrados para o diâmetro de 6-4 mm nos tratamentos de recuperação do solo diferiram das testemunhas (vegetação nativa do cerrado e solo exposto) e dos tratamentos C+Ge+G/FP/B, MP/B, G/FP/B e C+G/FP/B. Os demais diferiram somente da vegetação nativa do cerrado.

Resultados estes que concordam com Andrade Júnior (2004) que trabalhando nesta mesma área experimental não verificou efeito nos tratamentos de recuperação nesta camada. Os valores indicam que o solo não está recuperando suas propriedades nesta camada, pela baixa porcentagem de macroagregados (6-4 mm) estáveis e maior quantidade de microagregados.

Kitamura (2007) menciona que um solo com boa estrutura apresenta boa estabilidade de agregados, porém nem todo solo com boa estabilidade de agregados significa que possui boa estrutura, é necessário conhecer o histórico da área para que não ocorram equívocos de interpretação.

Em 2008, na camada de 0,20-0,40 m (Quadro 9), para o teste F não houve significância somente para o diâmetro de 2-1 mm, comportamento semelhante a camada de 0,10-0,20 m. Comparando-se os tratamentos de recuperação e as testemunhas pelo teste de Scott-Knott a 5 %, somente a vegetação nativa do cerrado foi diferente dos demais tratamentos, nos diâmetros que o F teve significância. Em 2009, na camada de 0,20-0,40 m (Quadro 10), para o teste F não houve significância somente para a estabilidade dos agregados

com diâmetro entre 4-2 mm, comportamento semelhante nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Comparando-se os tratamentos de recuperação e as testemunhas pelo teste de Scott-Knott a 5 %, somente a vegetação nativa do cerrado foi diferente dos demais tratamentos, nos diâmetros que o F teve significância. Nesta camada de solo os tratamentos de recuperação não influenciaram na estabilidade de agregados, nos dois anos analisados. O valor obtido para o diâmetro de 6-4 mm para a vegetação nativa do cerrado, mostra a superioridade em relação aos tratamentos de recuperação. Indica ainda, que não houve incremento de matéria orgânica nesta camada, pois segundo Alves (2001) a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico, à medida que se adiciona material orgânico ao solo, a atividade é intensificada, resultando em produtos que desempenham função na formação e estabilização (agentes cimentantes) dos agregados.

O efeito da adição da matéria orgânica na estruturação do solo foi verificado por Taboada-Castro et al. (2009) que trabalhando em área com braquiaria ahá 6 anos, esta contribuiu para a melhoria da estabilidade agregados na camada superficial do subsolo.

Os tratamentos de recuperação agiram na camada superficial do solo, mas comparando o DMP com experimento realizado nesta mesma área experimental por Andrade Júnior (2004) pode-se verificar aumento no DMP em todos os tratamentos testados em todas as camadas de solo.

Quadro 5. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,00-0,10 m. Selvíria, MS. 2008.

Tratamentos	Classes de tamanho de agregados (mm)						
	6-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	DMP
SM/B	29,42 C	16,58	9,34 A	12,09 A	8,93 B	23,63 B	2,26 C
MP/B	53,38 B	13,62	6,82 B	8,28 B	5,72 C	12,16 C	3,28 B
G/FP/B	27,95 C	17,25	10,75 A	14,36 A	9,72 B	19,97 B	2,25 C
C+MP/B	38,79 C	13,60	8,34 A	11,78 A	8,09 B	19,38 B	2,62 C
C+G/FP/B	50,43 B	17,94	5,57 B	6,66 B	5,74 C	13,65 B	3,23 B
C+GE+MP/B	50,08 B	18,00	6,47 B	6,86 B	5,66 C	12,93 B	3,23 B
C+GE+G/FP/B	48,96 B	14,50	6,31 B	8,63 B	6,84 C	14,76 B	3,08 B
MA	80,00 A	15,83	1,10 C	0,95 C	0,53 D	1,58 D	4,50 A
SE	17,36 C	13,49	8,70 A	15,57 A	13,43 A	31,44 A	1,61 D
F	8,413*	$0,820^{ns}$	9,864*	9,234*	10,869*	15,094*	10,753*
CV (%)	21,08	17,38	18,59	23,99	21,90	20,80	9,29

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ($\sqrt{x}+0,5$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 6. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,00-0,10 m. Selvíria, MS. 2009.

Tratamentos	**Classes de tamanho de agregados (mm)**						
	6-4	**4-2**	**2-1**	**1-0,5**	**0,5-0,25**	**<0,25**	**DMP**
SM/B	24,56 D	13,82	8,71 A	14,00 B	11,61 A	26,36 A	2,01 D
MP/B	48,81 C	11,82	13,20 A	8,63 C	8,76 B	10,89 C	3,43 B
G/FP/B	56,08 B	14,01	6,039 B	8,66 C	4,89 C	11,05 C	3,40 B
C+MP/B	37,77 B	13,82	9,42 A	12,31 B	9,23 B	16,75 B	2,82 C
C+G/FP/B	63,24 B	10,77	4,27 B	6,19 C	4,18 C	10,59 C	3,82 B
C+Ge+MP/B	44,25 C	13,83	7,15 A	11,71 B	8,30 B	16,05 B	2,83 C
C+Ge+G/FP/B	41,23 C	16,44	8,00 A	10,34 C	8,18 B	15,33 B	3,01 C
MA	81,10 A	11,39	1,948 B	1,96 D	1,27 D	2,32 D	4,44 A
SE	20,78 D	14,97	10,39 A	20,01 A	12,87 A	20,96 A	1,86 D
F	11,853*	1,265^{ns}	4,743*	11,730*	12,429*	21,001*	13,038*
CV (%)	18,34	16,80	25,58	20,95	20,39	16,01	8,15

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ($\sqrt{x}+0,5$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 7. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,10-0,20 m. Selvíria, MS. 2008.

Tratamentos	**Classes de tamanho de agregados (mm)**						
	6-4	**4-2**	**2-1**	**1-0,5**	**0,5-0,25**	**<0,25**	**DMP**
SM/B	9,57 B	12,21 B	12,15	21,73 B	15,80 B	28,51 A	1,28 B
MP/B	29,41 B	8,58 B	8,47	15,82 B	13,43 B	24,26 A	2,05 B
G/FP/B	12,03 B	9,91 B	12,75	19,52 B	16,16 B	29,60 A	1,33 B
C+MP/B	19,85 B	11,93 B	11,07	18,23 B	13,76 B	25,14 A	1,73 B
C+G/FP/B	16,59 B	13,00 B	10,86	21,36 B	13,40 B	24,77 A	1,62 B
C+Ge+MP/B	17,81 B	13,46 B	11,41	17,19 B	13,34 B	26,76 A	1,67 B
C+Ge+G/FP/B	31,62 B	12,40 B	10,23	16,09 B	9,69 B	19,94 B	2,28 B
MA	62,07 A	22,40 A	5,67	4,04 C	1,80 C	4,00 A	3,90 A
SE	9,88 B	10,05 B	8,75	28,28 A	20,97 A	22,04 A	1,24 B
F	6,103 *	4,946*	1,893^{ns}	7,983*	13,413*	10,181*	8,300 *
CV (%)	40,06	17,53	24,31	20,61	17,90	19,57	13,08

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados (√x+0,5).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 8. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,10-0,20 m. Selvíria, MS. 2009.

Tratamentos	**Classes de tamanho de agregados (mm)**						
	6-4	**4-2**	**2-1**	**1-0,5**	**0,5-0,25**	**<0,25**	**DMP**
SM/B	6,29 C	9,57	14,47 A	25,48 B	15,83 A	29,47 A	1,10 C
MP/B	29,86 B	13,37	10,41 B	15,76 C	11,51 B	19,09 B	2,27 B
G/FP/B	33,45 B	11,04	9,31 B	14,02 C	11,38 B	20,19 B	2,34 B
C+MP/B	7,99 C	13,10	12,32 A	24,63 B	19,64 A	25,09 A	1,22 C
C+G/FP/B	27,61 B	13,97	10,34 B	18,74 C	11,86 B	21,18 B	2,04 B
C+Ge+MP/B	11,06 C	12,54	10,64 B	19,99 C	16,78 A	28,42 A	1,32 C
C+Ge+G/FP/B	24,73 B	13,65	11,48 B	16,67 C	12,87 B	22,22 B	1,96 B
MA	74,62 A	13,84	3,29 C	3,11 D	1,75 C	3,35 C	4,23 A
SE	2,62 C	11,62	13,02 A	32,28 A	19,14 A	21,29 B	1,01 C
F	20,552*	1,580^{ns}	14,397*	22,194*	24,020*	18,959*	23,171*
CV (%)	29,22	14,32	11,84	14,84	13,89	14,38	9,38

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ($\sqrt{x+0,5}$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado; SE = Solo Exposto.

Quadro 9. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2008.

Tratamentos	**Classes de tamanho de agregados (mm)**						
	6-4	**4-2**	**2-1**	**1-0,5**	**0,5-0,25**	**<0,25**	**DMP**
SM/B	2,14 C	5,08 B	9,66	27,89 A	21,18 A	34,03 A	0,73 C
MP/B	13,19 B	7,24 B	9,38	24,01 A	18,33 A	27,82 A	1,30 B
G/FP/B	2,69 C	5,69 B	9,70	23,92 A	19,67 A	38,30 A	0,75 C
C+MP/B	11,68 B	9,66 B	13,67	23,06 A	15,13 A	26,77 A	1,34 C
C+G/FP/B	5,86 C	6,47 B	11,12	25,33 A	18,68 A	32,50 A	0,95 C
C+Ge+MP/B	1,96 C	5,92 B	11,15	29,87 A	20,57 A	30,50 A	0,78 C
C+Ge+G/FP/B	4,82 C	7,03 B	12,59	26,38 A	18,98 A	30,16 A	0,94 C
MA	37,87 A	17,40 A	13,72	12,89 B	7,17 B	10,93 B	2,75 A
SE	3,84 C	6,93 B	12,67	28,94 A	19,57 A	28,02 A	0,91 C
F	13,579 *	7,815*	$1,532^{ns}$	5,690 *	10,764 *	10,435 *	17,335 *
CV (%)	40,07	19,40	16,10	12,80	11,44	12,74	9,10

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados (√x+0,5).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 10. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios da % de distribuição de agregados para as classes de tamanho de agregados (6-4 mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm e <0,25 mm) e DMP (mm) nas camadas de 0,20-0,40 m. Selvíria, MS. 2009.

Tratamentos	**Classes de tamanho de agregados (mm)**						
	6-4	**4-2**	**2-1**	**1-0,5**	**0,5-0,25**	**<0,25**	**DMP**
SM/B	1,32 C	4,76	10,00 C	30,38 A	22,94 A	30,83 A	0,68 C
MP/B	23,13 B	8,52	8,40 C	18,38 B	17,50 A	23,59 A	1,83 B
G/FP/B	8,93 B	7,57	15,85 B	24,23 A	16,28 A	27,01 A	1,23 B
C+MP/B	2,64 C	7,93	21,32 A	24,79 A	19,21 A	25,82 A	0,97 C
C+G/FP/B	11,42 B	14,76	11,13 C	25,39 A	17,98 A	22,95 A	1,30 B
C+GE+MP/B	3,15 C	6,96	12,95 C	31,65 A	19,44 A	31,96 A	0,87 C
C+GE+G/FP/B	11,43 B	11,96	13,32 C	29,04 A	16,15 A	18,02 B	1,50 B
MA	53,89 A	13,71	7,77 C	8,18 C	8,19 B	8,23 C	3,32 A
SE	1,42 C	11,34	11,91 C	28,19 A	17,67 A	29,44 A	0,90 C
F	13,909*	$1,955^{ns}$	5,106*	4,891*	3,869*	6,078*	11,852*
CV (%)	46,33	29,64	18,45	21,74	17,73	19,37	12,55

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados transformados ($\sqrt{x}+0,5$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário+Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso+Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

4.2 Análises Químicas do solo

4.2.1 Fósforo e Potássio

No ano de 2008, para o fósforo (P) o teste F foi significativo nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, na camada de 0,20-0,40 m não houve significância (Quadro 11). Na camada de 0,00-0,10 m os tratamentos de recuperação não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram das testemunhas (solo exposto e vegetação nativa do cerrado). Na camada de 0,10-0,20 m, somente o tratamento C+G/FP/B diferiu dos demais tratamentos de recuperação e testemunhas.

No ano de 2009, o teor de P foi significativo em todas as camadas de solo estudadas (Quadro 11). Na camada de 0,00-0,10 m o tratamento que diferiu dos demais foi o C+G/FP/B, com maior teor de P na camada superficial e diferiu dos demais tratamentos. Os tratamentos SM/B; MP/B; C+MP/B; C+Ge+MP/B e C+Ge+G/FP/B foram semelhantes entre si. O tratamento G/FP/B assemelhou-se a condição natural de cerrado (MA) e o solo exposto (degradado) apresentou o menor teor de P. Para a camada de 0,10-0,20 m o tratamento MP/B e o solo da condição natural do cerrado (MA) foram semelhantes e apresentaram os maiores valores de P, diferindo dos demais que foram semelhantes entre si.

Para a camada de 0,20-0,40 m o solo da condição natural do cerrado diferiu dos demais, apresentando maior teor de P, em segundo lugar ficaram os tratamentos SM/B; MP/B e C+G/FP/B, não diferindo entre si, e os menores teores ficaram representados nos tratamentos G/FP/B; G/FP/B; C+Ge+MP/B; C+Ge+G/FP/B e SE.Resultados contrastantes aos encontrados por Andrade Júnior (2004) que nesta mesma área o tratamento solo mobilizado diferiu dos tratamentos com adubo verde e as combinações calcário e/ou calcário+gesso. O efeito dos adubos verdes estudados foi semelhante e não foram observadas diferenças quando foi aplicado calcário e/ou calcário+gesso. Souza et al. (2006), avaliando as formas de aplicação de calcário em área de pastagem, observaram comportamento decrescente dos teores de P à medida que se elevou a saturação por bases do solo, quando o corretivo foi aplicado superficialmente. Alves e Souza (2008) estudando atributos químicos nesta mesma área experimental verificaram

que nos anos avaliados houve incremento no teor de P de 70 e 50 % na camada superficial e subsuperficial, respectivamente, dados que concordam com este trabalho.

Quadro 11. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o fósforo (mg dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	8 A	4 B	4
MP/B	8 A	4 B	3
G/FP/B	7 A	4 B	3
C+MP/B	8 A	3 B	3
C+G/FP/B	8 A	6 A	4
C+Ge+MP/B	6 A	4 B	3
C+Ge+G/FP/B	7 A	3 B	3
MA	4 B	3 B	3
SE	3 B	3 B	3
F	7,298 *	2,596*	2,333^{ns}
CV (%)	21,80	32,19	9,20
		2009	
SM/B	7 B	3 B	3 B
MP/B	9 B	4 A	3 B
G/FP/B	6 C	3 B	2 C
C+MP/B	7 B	3 B	2 C
C+G/FP/B	15 A	3 B	3 B
C+Ge+MP/B	9 B	3 B	2 C
C+Ge+G/FP/B	8 B	3 B	2 C
MA	5 C	5 A	4 A
SE	3 D	3 B	2 C
F	41,107*	2,595*	5,400*
CV (%)	14,31	25,79	14,34

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Por outro lado Valpassos et al. (2000) verificaram recuperação dos atributos químicos do solo em estudo de área com subsolo exposto, devido principalmente ao estabelecimento das comunidades rizosféricas e suas relações mutualísticas com as raízes, que têm papel fundamental na dinâmica de nutrientes no solo e na sobrevivência de plantas.

Andrade Júnior (2004) afirma que na camada superficial tem maior quantidade de matéria orgânica e esta após ser mineralizada é uma das principais fontes de fósforo, concordando com resultados encontrados neste trabalho. Porém, vale ressaltar que os teores encontrados neste trabalho são considerados baixos, pois segundo Raij et al. (1997) o teor médio para P é de 13-30 mg dm^{-3} para as culturas perenes.

Em relação ao teor de fósforo do inicio do experimento, nesta mesma área experimental, desenvolvido por Alves e Souza (2008), notou-se um acréscimo no teor de P com os anos, provavelmente devido ao aumento no teor pela mineralização da matéria orgânica solo.

Para o potássio (K) no solo (Quadro 12), o teste F foi significativo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m e não significativo na camada de 0,20-0,40 m, no ano de 2008. No ano de 2009, para o potássio (K) no solo (Quadro 12), o teste F foi significativo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m. Na camada de 0,00-0,10 m o maior e menor teor de K encontrado foi para a vegetação nativa do cerrado e solo exposto, respectivamente e, não houve diferença estatística entre os tratamentos de recuperação. Nas camadas de 0,10-0,20 m observou-se comportamento semelhante para os tratamentos de recuperação, ou seja, não diferiu estatisticamente entre si.

Analisando o efeito dos tratamentos de recuperação nota-se que para todas as camadas estudadas o comportamento foi semelhante para o K, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Resultados discordantes foram encontrados por Alves e Souza (2008) que trabalhando nesta mesma área experimental verificaram que os tratamentos com mucuna, que não recebeu calcário e calcário+gesso, teve maior teor de K e isto é explicado, porque o sistema radicular ramificado e profundo das leguminosas proporciona aumento na eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes percolados, principalmente K, Ca, Mg e NO_{3}-, funcionando também como “agente minerador” dos nutrientes de pouca disponibilidade, como o P e o Mo, tornando-os mais disponíveis às culturas subseqüentes.

Quadro 12. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o potássio ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo(m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	0,45 B	0,15 B	0,17
MP/B	0,80 A	0,20 A	0,12
G/FP/B	0,57 A	0,22 A	0,12
C+MP/B	0,72 A	0,32 A	0,20
C+G/FP/B	0,65 A	0,22 A	0,17
C+Ge+MP/B	0,70 A	0,22 A	0,15
C+Ge+G/FP/B	0,75 A	0,25 A	0,17
MA	0,82 A	0,35 A	0,15
SE	0,27 B	0,12 B	0,10
F	3,173 *	2,35*	$0,55^{ns}$
CV (%)	9,13	6,47	6,28
		2009	
SM/B	0,60 B	0,20 B	0,17
MP/B	0,57 B	0,22 B	0,12
G/FP/B	0,67 B	0,27 B	0,17
C+MP/B	0,62 B	0,25 B	0,20
C+G/FP/B	0,57 B	0,22 B	0,20
C+Ge+MP/B	0,50 B	0,12 B	0,12
C+Ge+G/FP/B	0,62 B	0,30 B	0,17
MA	0,92 A	0,47 A	0,22
SE	0,22 C	0,27 B	0,20
F	8,943*	6,620*	$1,990^{ns}$
CV (%)	20,52	28,37	27,20

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Os valores encontrados neste experimento na faixa de 0,27 a 0,10 $mmol_c\ dm^{-3}$, de acordo com Raij et al. (1997) são considerados baixos. Foi verificado que o maior teor de potássio foi encontrado na camada superficial do solo e este comportamento provavelmente foi devido à adubação verde que promove a recuperação da fertilidade do solo (ANDRADE JÚNIOR, 2004).

4.2.2 Cálcio e Magnésio

Para os valores referentes ao teor de cálcio (Ca), no ano de 2008 e nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, verificou-se que o teste F foi significativo. Na camada de 0,00-0,10 m observou-se que para todos os tratamentos de recuperação, o teor de cálcio diferiu das testemunhas (Vegetação nativa do Cerrado e Solo Exposto). No ano de 2009, observou-se que os valores referentes ao teor de Ca, em todas as camadas foi significativo. Nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m foi verificado o mesmo comportamento, os tratamentos de recuperação com maiores teores de cálcio e as testemunhas com menor teor (Quadro 13).

Resultados contrastantes a esse trabalho foram encontrados por Alves e Souza (2008) que verificaram nesta mesma área experimental que o tratamento com mucuna apresentou maior valor de cálcio, devido a maior eficiência em reciclar cálcio do solo. Segundo Raij et al. (1997) o teor de cálcio neste trabalho é classificado como médio (4 a 7 $mmol_c\ dm^{-3}$). Nota-se que para os tratamentos de recuperação não houve diferença entre eles e esse comportamento pode ser devido ao tempo de implantação do experimento e os tratamentos que receberam calcário e/ou calcário e gesso não diferiram dos demais.

Para o magnésio, no ano de 2008, nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m não houve significância e o teor de magnésio diminui em profundidade. Já no ano de 2009, em todas as camadas, o teste F foi significativo (Quadro 14).

O comportamento do magnésio mostra que apesar de ter sido utilizado calcário dolomítico que é uma das fontes deste elemento, em relação ao teor de magnésio no início do trabalho de recuperação da área, houve um incremento no teor do mesmo no solo, que era baixo e agora se classifica como teor médio (RAIJ et al., 1997). O maior teor de magnésio foi encontrado na camada superficial e Alves (2001) trabalhando nesta mesma área verificou comportamento semelhante.

Quadro 13. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para cálcio ($mmol_c$ dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	5,00 A	3,75 B	1,75
MP/B	4,75 A	3,25 B	1,50
G/FP/B	6,00 A	4,00 B	1,50
C+MP/B	4,75 A	5,00 A	2,00
C+G/FP/B	4,75 A	6,25 A	2,25
C+Ge+MP/B	5,00 A	4,25 B	2,25
C+Ge+G/FP/B	4,75 A	3,75 B	2,00
MA	1,25 C	1,00 C	1,00
SE	2,75 B	1,25 C	1,25
F	13,60*	14,66*	$2,35^{ns}$
CV (%)	9,42	11,73	12,82
		2009	
SM/B	4,00 A	2,75 B	1,00 B
MP/B	4,00 A	2,50 B	1,00 B
G/FP/B	4,25 A	3,25 A	1,75 A
C+MP/B	3,25 B	4,00 A	1,00 B
C+G/FP/B	4,75 A	3,00 B	2,00 A
C+Ge+MP/B	4,50 A	3,50 A	2,00 A
C+Ge+G/FP/B	4,00 A	2,75 B	2,00 A
MA	4,00 A	1,00 C	1,00 B
SE	1,50 C	1,25 C	1,00 B
F	21,160*	11,466*	36,000*
CV (%)	10,95	21,80	11,76

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x}+0,5$).

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;

MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;

G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*

C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*

C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

MA = Vegetação nativa do Cerrado;

SE = Solo Exposto.

Quadro 14. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para magnésio ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	2	1 B	1
MP/B	2	1 B	1
G/FP/B	3	2 A	1
C+MP/B	3	2 A	1
C+G/FP/B	3	1 B	1
C+Ge+MP/B	3	2 A	1
C+Ge+G/FP/B	2	1 B	1
MA	2	1 B	1
SE	2	1 B	1
F	$0,698^{ns}$	2,602*	$0,815^{ns}$
CV (%)	17,02	15,32	10,59
		2009	
SM/B	3 B	1 B	2 A
MP/B	3 B	1 B	1 B
G/FP/B	2 C	1 B	1 B
C+MP/B	2 C	1 B	1 B
C+G/FP/B	5 A	2 A	1 B
C+Ge+MP/B	3 B	2 A	2 A
C+Ge+G/FP/B	2 C	1 B	1 B
MA	4 A	1 B	1 B
SE	1 D	1 B	1 B
F	15,046*	7,462*	4,143*
CV (%)	20,02	23,01	25,51

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x+0,5}$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Também Andrade Júnior (2004) trabalhando nesta mesma área verificou incremento no teor de magnésio na camada superficial e afirma que esse comportamento é devido a prática de adubação verde que promove a recuperação da fertilidade do solo, proporcionando aumento de matéria orgânica, da capacidade de

troca catiônica e da disponibilidade de macro e micronutrientes. A braquiária implantada na área total do experimento pode influenciar a adição de matéria orgânica e por isso o efeito semelhante em todos os tratamentos.

4.2.3 Matéria orgânica

Para o teor de matéria orgânica no solo (M.O.) não houve diferença significativa em todas as camadas estudadas, no ano de 2008. Para o ano de 2009, houve diferença significativa em todas as camadas estudadas (Quadro 15).

Para os tratamentos de recuperação não houve diferença entre eles, esse comportamento mostra que a adição de adubo verde e as combinações calcário e/ou calcário+gesso não estão influenciando no teor de matéria orgânica do solo e sim a cultura da braquiária instalada na área desde 1999 pode estar influenciando de forma homogênea. As gramíneas são importantes na adição de matéria orgânica e na reestruturação do solo (ASSAD, 1997) e confirmam dados encontrados para a estabilidade de agregados na camada superficial (Quadros 5 e 8). Colodro et al. (2007) relatam a influência do conteúdo de material orgânico no solo e a atividade microbiana. Já Suzuki et al. (2007) mostra a correlação da matéria orgânica com algumas propriedades físicas do solo.

A matéria orgânica tem forte relação com a estruturação do solo, pois ela é fonte de energia para a atividade biológica do solo e com o fornecimento de matéria orgânica para o solo haverá uma maior atividade biológica e, conseqüentemente uma maior reestruturação do solo.

Segundo Raij et al. (1997) o teor de matéria orgânica encontrada neste trabalho é considerado baixo, e os mesmos autores consideram um teor médio de matéria orgânica entre 16 a 30 g dm^{-3}. Comparando com dados de Alves (2001) e Andrade Júnior (2004) que trabalharam nesta mesma área experimental, os autores verificaram aumento no teor de matéria orgânica do solo ao longo dos anos.

Quadro 15. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a matéria orgânica (g dm^{-3}) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	7	5	2
MP/B	10	8	2
G/FP/B	9	5	2
C+MP/B	8	7	2
C+G/FP/B	9	7	3
C+Ge+MP/B	6	5	2
C+Ge+G/FP/B	7	5	2
MA	8	8	3
SE	6	5	2
F	0,854 ^{ns}	0,810 ^{ns}	0,679^{ns}
CV (%)	17,62	20,23	18,49
		2009	
SM/B	9 B	5 C	5 B
MP/B	10 B	5 C	5 B
G/FP/B	11 B	5 B	4 C
C+MP/B	10 B	6 B	5 B
C+G/FP/B	11 B	6 B	5 B
C+Ge+MP/B	11 B	5 B	4 C
C+Ge+G/FP/B	11 B	5 B	4 C
MA	15 A	10 A	8 A
SE	5 C	4 C	4 C
F	17,878*	40,732*	22,805*
CV (%)	11,60	10,31	10,29

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x}+0,5$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

4.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH), Alumínio e Acidez potencial

No ano de 2008, para o pH o teste F revelou que houve significância em todas as camadas de solo estudadas e no ano de 2009 obteve-se o mesmo comportamento (Quadro 16).

Os tratamentos usados para recuperação agiram de forma semelhante e o solo da testemunha (vegetação nativa de cerrado) diferiu dos demais tratamentos porque os solos de cerrado são solos ácidos e o solo nos tratamentos de recuperação foi corrigido, por isso maior pH que a testemunha (vegetação nativa do cerrado). O pH na camada superficial foi devido à contribuição da braquiária na adição de matéria orgânica em todas as parcelas experimentais.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva Junior (2005) onde avaliou as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho utilizando adubações químicas e orgânicas, sendo que, após a utilização de adubos orgânicos, constatou aumento nos valores do pH e nos teores de P no solo. Também Kitamura (2007) trabalhando na recuperação de área degradada com as mesmas características obteve resultados semelhantes.

Bortoluzzi et al. (2008) estudando o efeito da calagem em um solo corrigido há 12 anos, ainda foram visualizados os efeitos da calagem sobre a eletroquímica do solo, resultados contrários foram encontrados neste trabalho.Resultados semelhantes aos deste trabalho foram encontrados por outros autores conforme citado anteriormente (KITAMURA, 2007; SILVA JUNIOR, 2005).

O alumínio teve comportamento semelhante ao pH, com significância em todas as camadas estudadas, no ano de 2008 e no ano de 2009 (Quadro 17).

Na camada superficial (0,00-0,10 m) os tratamentos de recuperação não tiveram ou tiveram valores muito baixos de alumínio, resultados que estão de acordo com os encontrados para o pH do solo neste experimento. Valor baixo de pH e valor alto de alumínio para a vegetação nativa do cerrado, que tem por característica pH ácido e pobre em matéria orgânica devida a rápida decomposição de resíduos (clima tropical) (ALVES, 2001). Kitamura (2007) também verificou pH ligeiramente ácido, trabalhando em área de cerrado.

Quadro 16. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o potencial Hidrogeniônico (pH) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Camadas de solo (m)**		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	5,0 A	4,5 B	4,2 B
MP/B	4,7 A	4,2 B	4,2 B
G/FP/B	5,0 A	5,0 A	4,2 B
C+MP/B	5,0 A	4,7 A	4,5 B
C+G/FP/B	5,0 A	4,7 A	4,5 B
C+Ge+MP/B	5,0 A	5,0 A	5,0 A
C+Ge+G/FP/B	5,0 A	4,7 A	5,0 A
MA	4,0 B	4,0 B	4,0 B
SE	5,0 A	4,2 B	4,2 B
F	16,00*	3,176 *	2,692*
CV (%)	3,43	8,66	9,56
		2009	
SM/B	5,0 A	5,0 A	4,5 B
MP/B	5,0 A	4,7 B	4,7 A
G/FP/B	5,0 A	5,0 A	5,0 A
C+MP/B	5,0 A	5,0 A	5,2 A
C+G/FP/B	5,0 A	5,2 A	5,0 A
C+Ge+MP/B	5,0 A	5,5 A	5,0 A
C+Ge+G/FP/B	5,0 A	5,0 A	5,0 A
MA	4,0 B	4,0 B	4,0 B
SE	5,3 A	5,3 A	5,0 A
F	18,00*	5,830*	2,670*
CV (%)	3,39	7,04	9,50

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 17. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para o alumínio ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	1 B	2 B	2 B
MP/B	1 B	2 B	2 B
G/FP/B	1 B	1 B	1 B
C+MP/B	1 B	1 B	1 B
C+G/FP/B	1 B	1 B	2 B
C+Ge+MP/B	0 B	0 B	1 B
C+Ge+G/FP/B	1 B	1 B	1 B
MA	8 A	9 A	9 A
SE	1 B	2 B	3 B
F	10,029*	9,277*	10,65*
CV (%)	31,85	29,33	20,99
		2009	
SM/B	1 B	2 B	2 B
MP/B	2 A	3 C	2 B
G/FP/B	1 B	1 D	2 B
C+MP/B	1 B	1 D	2 B
C+G/FP/B	2 A	2 B	2 B
C+Ge+MP/B	2 A	2 B	1 C
C+Ge+G/FP/B	1 B	2 B	2 B
MA	2 A	8 A	8 A
SE	1 B	2 B	1 C
F	36,00*	343,28*	703,00*
CV (%)	11,76	8,82	6,47

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x}+0,5$).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 18. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a acidez potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	17 B	19 B	18 B
MP/B	17 B	17 B	19 B
G/FP/B	17 B	17 B	18 B
C+MP/B	18 B	17 B	18 B
C+G/FP/B	18 B	17 B	18 B
C+Ge+MP/B	17 B	16 B	17 B
C+Ge+G/FP/B	17 B	17 B	17 B
MA	31 A	28 A	27 A
SE	15 B	17 B	17 B
F	26,984 *	39,476 *	20,892 *
CV (%)	9,92	6,79	7,18
		2009	
SM/B	15 B	14 B	15 B
MP/B	15 B	15 B	15 B
G/FP/B	16 B	14 B	15 B
C+MP/B	16 B	14 B	13 B
C+G/FP/B	16 B	14 B	15 B
C+Ge+MP/B	15 B	13 B	14 B
C+Ge+G/FP/B	16 B	14 B	15 B
MA	25 A	25 A	24 A
SE	14 B	14 B	15 B
F	22,814*	22,985*	28,276*
CV (%)	8,14	9,46	7,60

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Alves e Souza (2008) estudando a mesma área experimental nos anos de 1992 a 1996 verificaram o efeito da calagem na camada de 0,00-0,10 m apesar da correção ser feita até a camada de 0,20 m. Andrade Júnior (2004) também trabalhando na mesma

área experimental verificou nos anos de 2003/04 que para o pH houve diminuição na camada superficial nos tratamentos que tinha calcário e/ou calcário+gesso. Nota-se que este efeito neste experimento não foi mais verificado.

Verificou-se efeito homogêneo com relação ao Al devido à braquiária instalada em todo o experimento desde 1999. Franchini et al. (2003) afirmam que a presença de certos materiais vegetais é capaz de potencializar o efeito da calagem, mobilizando a chamada frente alcalina; esses compostos orgânicos apresentam capacidade de complexar e mobilizar Ca e Mg, elevar o pH e neutralizar o Al.

Para a acidez potencial em todas as camadas o teste F foi significativo, nos anos de 2008 e 2009 (Quadro 18), sendo que o valor de H+Al nos tratamentos usados para recuperação foi menor quando comparados a vegetação nativa de cerrado, corroborando os resultados de Al e pH encontrados neste experimento.

Resultados concordantes foram encontrados por Andrade Júnior (2004), Campos (2006) e Kitamura (2007).

4.2.5 Somas de bases, Capacidade de troca catiônica e Saturação por bases

Para a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%) obtiveram-se o mesmo comportamento nas camadas de solo estudadas, no ano de 2008. No ano de 2009, para soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%), na camada de 0,00-0,10 m, o teste F foi não significativo. Somente para capacidade de troca catiônica (CTC) o teste F foi significativo em todas as camadas (Quadro 19, 20 e 21).

No ano de 2008, para a SB os tratamentos usados para recuperação do solo não diferiram entre si, mas diferiram da vegetação nativa do cerrado. Os valores encontrados foram semelhantes e os tratamentos com maior SB foram: G/FP/B e C+MP/B. Comportamento semelhante para a camada de 0,10-0,20 m. E, no ano de 2009 não houve diferença entre os tratamentos na camada superficial e nas demais camadas os tratamentos usados para recuperação do solo foram maiores que os encontrados nas testemunhas (Quadro 19).

Para o ano de 2008, o V% foi igual estatisticamente para os tratamentos de recuperação diferindo somente da vegetação nativa do cerrado, na camada 0,00-0,10 m. Na camada de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m os tratamentos com guandu substituído por feijão-de-porco obtiveram os maiores valores de V% (Quadro 21).

Para V% e SB, na camada superficial, o teste F foi não significativo e para a CTC as testemunhas (solo exposto e vegetação nativa do cerrado) diferiram dos tratamentos de recuperação.

Para a SB, CTC e V% os dados deste experimento foram maiores quando comparados com os encontrados por Andrade Júnior (2004) que trabalhou em 2003/04 na mesma área experimental. Também mostraram que o efeito foi em todas as parcelas experimentais e não no tratamento com calcário e/ou calcário+gesso.

O aumento do pH e diminuição do Al corrobora com os dados obtidos para a SB, CTC e V% que foram maiores nos tratamentos de recuperação quando comparados com dados de Alves (2001). Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade Júnior (2004), Campos (2006) e Kitamura (2007).

Comportamento semelhante ocorreu nos anos de 2008 e 2009 (Quadro 20), para a CTC na camada de 0,00-0,10 m os tratamentos usados para recuperação do solo diferiram da testemunha (solo exposto) e da Vegetação nativa do Cerrado. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, verificou-se comportamento semelhante, ou melhor, os tratamentos de recuperação diferiram somente da vegetação nativa do cerrado.

Quadro 19. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a soma de bases ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	**0,10-0,20**	**0,20-0,40**
		2008	
SM/B	8,3 A	5,0 A	2,8
MP/B	7,8 A	3,8 B	2,5
G/FP/B	10,0 A	6,3 A	2,3
C+MP/B	10,0 A	7,5 A	3,3
C+G/FP/B	8,8 A	5,5 A	3,3
C+Ge+MP/B	9,5 A	6,8 A	3,5
C+Ge+G/FP/B	8,5 A	5,0 A	3,0
MA	4,8 B	2,0 B	2,0
SE	6,3 B	2,5 B	2,3
F	6,027 *	10,141*	2,352*
CV (%)	8,82	11,61	10,32
		2009	
SM/B	7,5	4,3 B	4,0 A
MP/B	7,2	4,3 B	2,0 B
G/FP/B	8,0	4,3 B	2,7 B
C+MP/B	7,5	6,3 A	3,5 A
C+G/FP/B	8,7	5,5 A	3,0 A
C+Ge+MP/B	8,7	5,5 A	4,0 A
C+Ge+G/FP/B	7,2	4,3 B	3,7 A
MA	5,2	2,3 C	2,0 B
SE	4,5	2,5 C	2,0 B
F	2,569 ^{ns}	4,861*	3,439*
CV (%)	10,96	25,59	30,81

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x}+0,5$).

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;

MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;

G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*

C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*

C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

MA = Vegetação nativa do Cerrado;

SE = Solo Exposto.

Quadro 20. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a capacidade de troca catiônica ($mmol_c\ dm^{-3}$) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	25,2 B	23,5 B	20,5 B
MP/B	25,2 B	21,7 B	21,5 B
G/FP/B	27,2 B	22,7 B	21,2 B
C+MP/B	26,5 B	22,7 B	21,0 B
C+G/FP/B	26,2 B	24,5 B	21,0 B
C+Ge+MP/B	26,5 B	22,2 B	20,7 B
C+Ge+G/FP/B	25,5 B	21,7 B	20,5 B
MA	36,0 A	30,2 A	28,7 A
SE	21,5 C	19,7 B	19,5 B
F	17,085*	9,506*	17,602*
CV (%)	7,02	8,19	6,05
		2009	
SM/B	23,0 B	20,0 B	20,0 B
MP/B	22,7 B	19,3 B	17,5 B
G/FP/B	24,0 B	18,0 B	17,8 B
C+MP/B	23,5 B	19,3 B	17,8 B
C+G/FP/B	25,0 B	19,3 B	18,0 B
C+Ge+MP/B	24,0 B	19,0 B	18,0 B
C+Ge+G/FP/B	23,0 B	18,8 B	18,3 B
MA	35,0 A	27,5 A	26,0 A
SE	18,5 C	18,3 B	16,8 B
F	23,091*	16,644*	16,249*
CV (%)	7,54	7,15	7,36

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.

Quadro 21. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios para a saturação por bases (V%) nas camadas de solo e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	Camadas de solo(m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
		2008	
SM/B	32,25 A	21,50 B	14,00 B
MP/B	30,25 A	18,00 B	12,00 B
G/FP/B	36,75 A	28,25 A	11,50 B
C+MP/B	36,50 A	31,25 A	18,25 A
C+G/FP/B	32,75 A	35,25 A	16,25 A
C+Ge+MP/B	36,25 A	31,00 A	20,00 A
C+Ge+G/FP/B	32,50 A	23,75 A	15,50 A
MA	12,50 B	7,75 C	7,50 B
SE	32,50 A	12,75 C	11,75 B
F	15,585*	18,300*	6,370*
CV (%)	7,00	10,02	10,77
		2009	
SM/B	32	28 A	21 A
MP/B	32	23 A	12 C
G/FP/B	33	25 A	17 B
C+MP/B	31	33 A	16 B
C+G/FP/B	34	29. A	18 B
C+Ge+MP/B	36	29 A	24 A
C+Ge+G/FP/B	30	22 A	19 B
MA	18	10 B	11 C
SE	24	15 B	13 C
F	$1,241^{ns}$	6,347*	12,483*
CV(%)	21,36	24,28	14,69

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Dados de 2008 transformados ($\sqrt{x}+0,5$).

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;

MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;

G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*

C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*

C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;

MA = Vegetação nativa do Cerrado;

SE = Solo Exposto.

4.3 Análise da produção de matéria seca de braquiária

Para a produção de matéria seca da braquiária (Quadro 22), observa-se que para tratamento e época houve significância e para a interação tratamento x época não houve significância, no ano de 2008 e para o ano de 2009 houve interação entre a produção de matéria seca e as épocas de avaliações.

Quadro 22. Teste F, coeficiente de variação (CV) e valores médios de matéria seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha^{-1}) nos tratamentos, épocas de corte e anos estudados, Selvíria, MS.

Tratamentos	**Produção de matéria seca**	
	2008	**2009**
SM/B	2505 B	2193
MP/B	3077 A	3261
G/FP/B	3096 A	3816
C+MP/B	3148 A	3868
C+G/FP/B	3115 A	3325
C+Ge+MP/B	3522 A	3398
C+Ge+G/FP/B	2435 B	3003
Época de corte		
1º corte - Janeiro	2917 B	2700
2º corte - Abril	2858 B	3930
3º corte - Julho	3712 A	3600
4º corte - Outubro	2454 B	2834
Causas de variação	**Valor de F**	
Tratamento	2,283*	24,420*
Época de corte	7,502*	47,450*
Tratamento x Época de corte	$0,403^{ns}$	4,070*
CV(%)	34,06	13,97

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

Os valores referentes a produção de matéria seca de *B. decumbens* são apresentados no Anexo B. Comparando os tratamentos de recuperação, o tratamento C+Ge+G/F e o C+Ge+M teve respectivamente menor e maior produção de matéria seca da *B. decumbens* e os tratamentos SM e C+Ge+G/FP/B diferiram estatisticamente dos demais tratamentos de recuperação. Já Andrade Júnior (2004) trabalhando nesta mesma área obteve maiores produções para o tratamento C+Ge+G/F, resultados contrastantes foram encontrados neste trabalho.

A produção de matéria seca de *B. decumbens* mostra que este solo está sendo recuperado, com produções iguais ou superiores as encontradas por Kawatoko (1999) que verificou produções entre 1.818 a 2439 kg ha^{-1}, em Latossolo Vermelho-Escuro. Campos (2006) trabalhando em área degradada semelhante e utilizando a braquiária como planta de cobertura do solo verificou que nos tratamento com adição de matéria orgânica pela adição do lodo de esgoto a produção foi maior, dado contrastante foi verificado neste trabalho.

Segundo Pizarro et al. (1996) o potencial de produtividade da *Brachiaria decumbens* é 1200 até 19000 kg ha^{-1} ano^{-1} de matéria seca, dependendo das condições climáticas a que é submetida, mas em área de recuperação, foram encontradas produtividades médias de 7088 kg ha^{-1} ano^{-1} (média dos 4 anos) (KITAMURA, 2007), Campos (2006) verificou produção ao redor de 23248 kg ha^{-1} para o tratamento de maior dose de lodo de esgoto (60 Mg ha^{-1}), esses resultados concordam com o encontrado neste trabalho e mostra que o solo está recuperando as suas propriedades.

Em 2009, com relação ao tratamento com mucuna-preta na 1ª e 2ª época, onde não teve limitação de água e fotoperíodo, os tratamentos em sua combinação foram os que se destacaram na produção de matéria seca de braquiária (Quadro 23). Já nas épocas com limitação de água e fotoperíodo, os tratamentos e as combinações com guandu foram o de maior produção de matéria seca.

A utilização da braquiária na recuperação de áreas degradadas é de suma importância, pois ela para proteger o solo do impacto das chuvas, fornece matéria orgânica que favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana (CAMPOS, 2006; KITAMURA, 2007).

Quadro 23. Valores médios para a matéria seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha^{-1}) nos tratamentos estudados nas 4 épocas de coleta. Selvíria, MS, 2009.

Tratamento	Época			
	janeiro	abril	julho	outubro
SM/B	2479 bA	2422 cC	1903 cC	1967 bB
MP/B	2951 aA	3585 bB	3539 bB	2967 aB
G/FP/B	3185 aA	4355 bB	4697 aB	3025 aB
C+MP/B	2919 aA	5095 aA	3901 bB	3558 aA
C+G/FP/B	1980 bA	3920 bA	4177 aA	3225 aA
C+Ge+MP/B	2799 aA	4292 bA	3614 bB	2887 aB
C+Ge+G/FP/B	2590 bbA	3839 bB	3371 bB	2212 bB

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Na coluna tratamento (letras minúsculas), na linha época de coleta (letras maiúsculas).
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

4.4 Análises das espécies arbóreas que se regeneraram naturalmente 14 anos após a intervenção antrópica para recuperação da área

Em relação à ocorrência de espécies arbóreas espontâneas na área, foi feito em outubro de 2007 um levantamento e verificou-se a presença de três espécies: *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá Paulista), *Solanum lycocarpum* St, Hil (Lobeira)e *Mimosa lacticifera* Rizzini e Mattos Filho (Roseira do campo). Foram identificadas no total, 88 plantas, sendo: 85 pertencentes à *M. acutifolium*, 2 de *S. lycocarpum* e 1 de *M. lacticifera*. Já em 2008 as plantas da espécie *S. lycocarpum* não estavam mais presentes na área, *M. acutifolium* tinham mais três plantas na área e o surgimento de uma planta da espécie *Curatella americana* L (Lixeira) da família Dilleniaceae (Quadro 24).

Pode-se observar que, das três espécies que se regeneraram naturalmente na área de estudo, duas pertenciam à Família Fabaceae (*M. lacticifera* e *M. acutifolium*).

As Fabáceas são consideradas essenciais para o sucesso de recuperação de uma área degradada, pela sua rusticidade e alta capacidade de adicionar matéria orgânica ao solo (COSTA, 2007).

Quadro 24. Altura e diâmetro a 0,10 m do solo de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em outubro/2007 e janeiro/2008. Selvíria, MS.

Tratamento	Altura da planta (m)		Diâmetro do caule (cm)	
	2007	2008	2007	2008
SM/B	2,07	2,509	2,94	3,783
MP/B	2,28	2,188	3,47	3,089
G/FP/B	2,72	2,717	3,82	4,022
C+MP/B	2,14	2,325	3,18	3,657
C+G/FP/B	1,92	2,300	2,77	3,311
C+Ge+MP/B	2,4	2,522	3,64	3,922
C+Ge+G/FP/B	2,58	3,026	4,08	4,200

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

Analisando a taxa de desenvolvimento no período de outubro/2007 a janeiro/2008 da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel, que é a espécie presente em maior número, sendo que no tratamento C+Ge+G/F foi a espécie que obteve a maior taxa de crescimento (altura e diâmetro), mas em todos os tratamentos de recuperação do solo houve acréscimo na altura e no diâmetro a 0,10 m do solo. Comportamento semelhante foi verificado para altura e diâmetro das espécies avaliadas em janeiro/2009 (Quadro 24 e 25).

Analisando a taxa de desenvolvimento no período de outubro/2007 a janeiro/2009 da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel, que é a espécie presente em maior número, sendo que no tratamento C+Ge+G/F foi a espécie que obteve a maior taxa de crescimento (altura e diâmetro), mas em todos os tratamentos de recuperação do solo houve acréscimo na altura e no diâmetro a 0,10 m do solo (Quadro 26 e 27).

Ferreira et al. (2007) ao avaliar o desenvolvimento de espécies arbóreas em uma área degradada pela construção de uma Usina Hidrelétrica, constatou que, de todas as espécies analisadas, as que apresentaram os maiores diâmetros médios e maiores alturas foram as pertencentes à Família Fabaceae, reforçando a tese de que as espécies dessa família são fundamentais para a recuperação de áreas degradadas, pois apresentam rápido crescimento em ambientes adversos.

Quadro 25. Taxa de crescimento de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2008. Selvíria, MS.

Tratamento	Número de Plantas	TC* - Diâmetro	TC - Altura
		cm	m
SM/B	21	1,24	2,38
MP/B	7	0,28	1,18
G/FP/B	19	0,14	0,57
C+MP/B	13	0,52	1,34
C+G/FP/B	9	1,07	1,53
C+Ge+MP/B	10	0,34	0,79
C+Ge+G/FP/B	5	1,26	0,34

TC* - Taxa de Crescimento.
SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária;
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

Alguns autores associam a competição da braquiária com o desenvolvimento de outras espécies. Para Durigan et al. (1998), as gramíneas competem com as espécies do cerrado, tornando lento ou até impossibilitando o processo de regeneração natural. Já Reis e Kageyama (2003) salientam que, as gramíneas no geral, produzem substâncias capazes de evitar o crescimento de outras espécies, por meio do processo denominado antibiose. Por outro lado, isso não significa que as mesmas devam ser evitadas nos processos de restauração, diante de sua capacidade de colonização, de produção de matéria orgânica e da melhoria das qualidades do solo. Resultados deste trabalho confirmam a informação de Seitz (1994), no qual, o mesmo afirma que, as espécies anemócoras tendem a ser as primeiras a se estabelecerem após a destruição total da vegetação.

Quadro 26. Altura e diâmetro a 0,10 m do solo de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) em outubro/2007 e janeiro/2009. Selvíria, MS.

Tratamento	Altura da planta (m)		Diâmetro do caule (cm)	
	2007	2009	2007	2009
SM/B	2,07	2,63	2,94	3,85
MP/B	2,28	3,68	3,47	6,20
G/FP/B	2,72	3,78	3,82	6,41
C+MP/B	2,14	2,58	3,18	3,75
C+G/FP/B	1,92	3,09	2,77	5,24
C+Ge+MP/B	2,4	3,23	3,64	5,24
C+Ge+G/FP/B	2,58	4,73	4,08	8,08

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

Essas plantas podem ter chegado à área experimental por meio da dispersão das sementes da planta adulta, trazidas pelo vento, já que é uma espécie anemócora, Isso evidencia a importância da dispersão nos processos de regeneração de uma área degradada. Portanto, pode-se dizer que para a espécie *Machaerium acutifolium* Vogel, a variável número de plantas foi influenciada pela proximidade da planta-matriz em relação às parcelas experimentais. Uma vez que, o maior número de plantas desta espécie foi encontrado nas parcelas mais próximas da planta adulta. E o diâmetro do caule e altura das plantas, foi influenciado pelos tratamentos, pois os maiores diâmetros médios foram encontrados nas parcelas adubadas com a combinação de adubação química e adubação verde. Isso confirma o fato de que os tratamentos estão melhorando os atributos do solo em recuperação (ALVES; SOUZA, 2008), em decorrência disso, nessas parcelas adubadas, as plantas obtiveram um melhor desenvolvimento.

Pode-se observar que a espécie *M. acutifolium*, não é competitiva, uma vez que foram encontradas outras plantas aos arredores da planta matriz, podendo afirmar que a mesma oferece condições para o desenvolvimento de outras espécies. Não foi encontrada nenhuma planta da mesma espécie *(M. acutifolium*) próximo da planta matriz, evidenciando que a área experimental (ambiente em recuperação), criou

condições benéficas para o estabelecimento da espécie *M. acutifolium*, uma vez que a área de estudo estava em processo de recuperação há 17 anos, apresentando melhores condições em relação às condições encontradas fora do experimento.

Quadro 27. Taxa de crescimento de plantas da espécie *Machaerium acutifolium* Vogel (Jacarandá do Campo) de outubro/2007 a janeiro/2009. Selvíria, MS.

Tratamento	N^{o} de Plantas	Diâmetro (cm)	Altura (m)
SM	21	0,41	0,67
M	7	1,29	2,01
G/F	19	1,20	1,91
C+M	13	0,11	0,42
C+G/F	9	0,76	1,83
C+Ge+M	10	1,04	1,18
C+Ge+G/F	5	1,87	2,96

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária.

5 CONCLUSÕES

As propriedades físicas do solo estão sendo recuperadas e a densidade do solo e a estabilidade de agregados em água foram bons indicadores da qualidade do solo.

As propriedades químicas do solo estão sendo recuperadas e os tratamentos estão agindo de forma semelhante.

As alterações das propriedades físicas e químicas estão ocorrendo na camada de 0-0,20 m.

A produção de matéria seca da *B. decumbens* foi semelhante entre os tratamentos com diferentes adubos verdes, nas diferentes épocas de coleta.

As maiores produtividades de *B. decumbens* obtidas para os tratamentos de mucuna-preta e suas combinações foi em janeiro e abril e para o guandu e suas combinações em junho e outubro.

A ocorrência de espécies nativas espontâneas foi um indicativo do processo de recuperação do solo, sendo que a espécie *M. acutifolium* foi a mais adaptada.

A taxa de crescimento da *M. acutifolium* foi influenciada pelos tratamentos de recuperação e o número de indivíduos na área experimental foi influenciado pela distância da planta-matriz.

A taxa de desenvolvimento da *M. acutifolium* foi maior no tratamento C+Ge+G/F.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; BORTOLOZZO, F. R., SILVA, F. F. Implantação de espécies nativas para recuperação de áreas degradadas em região de cerrado. **Revista Cultura Agronômica,** Ilha Solteira, v. 11, n. 1, p. 43-51, 2000.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVES, M. C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura.** 1992. 173 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.** 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum Agronomy,** Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 31, n. 4, p. 617-625, 2007.

ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 32, p. 2505-2516, 2008.

ANDRADE JÚNIOR, R. T. **Propriedades Físico-químicas de um solo em Recuperação e adaptação da *Brachiaria decumbens.*** 2004. 49 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

ANGERS, D. A.; MEHUYS, G. R. Aggregate stability to water. In: CARTER, M. R. **Soil sampling and methods of analysis.** Boca Raton: Canadian Society of Soil Science; Lewis Publishers, 2000. p. 529-539.

ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA, 1997. 524 p.

AVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 35, n. 2, p. 289-297, 2000.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal Soil Science,** Baltimore, v. 41, n. 3, p. 341-58, 1990.

BONI, N. R.; ESPINDOLA, C. R..; GUIMARÃES, E. C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 563-568.

BONINI, C. S. B. **Recuperação de um Latossolo Vermelho Tratado com lodo de esgoto.** 2007. 49 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

BONINI, C. S. B., OLIVEIRA, B. A., ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DA USP, 15., 2007, Pirassununga. **Anais...** São Paulo: USP, 2007.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; FERNANDES, R. C. Atributos químicos de um Ferralsol degradado tratado há 3 anos com lodo de esgoto e adubação mineral na região sul do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO IBÉRICO DA CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2008, Évora, Portugal. **Anais...** Évora: [s.n.], 2008a. p. 215-215.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, B. A. Influencia de la materia organcia en la densidad del suelo en Ferralsol decapitado tratado con lodo de depuradora y fertilización mineral. In: CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 21., 2008, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina. **Anais...** San Luis: [s.n.], 2008b.

BORTOLUZZI, E. C.; GARBOZZA, L.; GUARESCHI, C.; RHEINHEIMER, D. S. Efeito da calagem na relação entre solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 32, n. esp., p. 2621-2628, 2008.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 23, n. 2, p.315-327, 1999.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 19, p. 121-126, 1995.

CAMPOS, F. S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de Latossolo Vermelho degradado.** 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campinas Grande, v. 10, p. 759–764, 2006.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 32, p. 1389-1397, 2008.

COLODRO, G.; ESPÍNDOLA, C. R.;, CASSIOLATO, A. M. R.; ALVES, M. C. Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 195-198, 2007.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 70-89.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das florestas. Conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1994, Campos de Jordão. **Anais...** Campos de Jordão: [s.n.], 1994. p. 216-217.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de Braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 15, p. 195-200, 1991.

CARVALHO, R. M. Recomendação de controle ambiental na exploração de jazidas de laterita no Planalto Central. In: ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE UNIDADES AMBIENTAIS DO SETOR TRANSPORTES, 3., 1998, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: DER, 1998. CD-ROM.

CECONI, D. E.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; POLLETO, I. **Uso da braquiária na recuperação de solo degradado pela mineração de carvão.** Santa Maria: UFSM, 2006. Disponível em: <http://www.coralx.ufsm.br> Acesso em: 13 out. 2008.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – CESP. Diretoria do Meio Ambiente. **Recomposição vegetal.** São Paulo: CESP, 1998.

CHESHIRE, M. V.; SPARLING, G. P.; MUNDIE, C. M. Effect of periodate treatment of soil on carbohydrate constituents and soil aggregation. **The Journal of Soil Science,** Oxford, n. 34, p. 105-112, 1983.

COLODRO, G. **Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto.** 2005. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CORRÊA, J. L.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 33, p. 263-272, 2009.

COSTA, C. D. O. **Regeneração de espécies arbóreas em um subsolo degradado revegetado com Brachiaria decumbens stapf.** 2007. 42 f. Trabalho de Graduação (Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Aquidauana, 2007.

DANIEL, L. A.; CARVALHO, J. F.; JUNQUEIRA, G. S. Avaliação de camadas de solo compactado: efeito de diferentes sistemas de preparo e cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 1994. p. 300-305.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP).** Piracicaba, 1980. 131 p. (Mimeografado).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: ASA/SSSA, 1994. p. 3-21.

DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 187-206.

DURIGAN, G. Técnicas silviculturais aplicadas à restauração de ecossistemas. SIMPÓSIO SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSSISTEMAS NATURAIS, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1999.

DURIGAN, G.; CONTIÉRI, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP. **Acta Botanica Brasilica,** Porto Alegre, v. 3, p. 421-429, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Solos. **Infraero e Embrapa solos recuperam áreas degradadas.** Rio de Janeiro, [200-]. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj06/proj06.html>. Acesso em: 24 fev. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 3-26.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.2.** [S.l.]: DEX/UFLA, 2003.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 31, p. 1-15, 2007.

FORNASARI FILHO, N.; BRAGA, T. O.; BATISTUCCI, S. G. G.; MONTANHESI, M. O. R. Auditoria e Sistema de Gerenciamento Ambiental (ISO 14000). In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 25-44.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** New York, v. 34, p. 2045-2058, 2003.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados.** Seropédica: EMBRAPA/CNPAB, 1992. 11 p. (Comunicado técnico, n. 9).

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 113-157.

GREENLAND, D. J. Soil Management and soil degradation. **Journal of Soil Science,** London, v. 31, p. 301-322, 1981.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo.** 2003. 298 f. Tese (Doutorado) – Universidade da Coruña, La Coruña, 2003.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M.; LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. **Soil Biology and Biochemistry,** Elmsford, v. 30, n. 7, p. 905-916, 1998.

KAWATOKO, M. **Produção e valor nutritive de Brachiaria decumbens, Stapt em função da aplicação de calcário, nitrogênio e zinco em solo originalmente sob vegetação nativa de cerrado.** 1999. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

KITAMURA, E. M. **Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto.** 2007. 117 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2007.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 32, p. 405-416, 2008.

LOPES, J. A. V.; QUEIROZ, S. M. P. Rodovias e meio ambiente no Brasil: uma resenha crítica. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 75-90.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1.

LUCHESI, L. A. C.; MORAES, A.; SANTOS, H. R.; SOUZA, M. L. P. Pastagens: um sistema de produção para reabilitação de áreas degradadas. In SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1992. p. 83-92.

MARENCO, A. R.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal:** fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: UFG, 2005.

MELO, E. F. R. Q. Alterações nas características químicas do solo de uma área degradada em recuperação. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 371-381.

MELO, V. P.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M.; CENTURION, J. F.; MELO, W. J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 39, n. 1, p. 67-72, 2004.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo.** Porto Alegre: Ecossistemas Tropicais & Subtropicais, 1999. p. 1-8.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG.** 2004. 139 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

NOFFS, P. da S. Áreas degradadas. In: NOFFS, P. da S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica.** 2. ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 48 p.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; AGUIAR, R. N. S. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2000. p. 121-138.

OLIVEIRA, B. A. **Recuperação de um Latossolo Vermelho tratado com lodo de esgoto.** 2009. 41 f. Trabalho de Graduação (Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

PEREIRA, P. J.; BURLE, M. L.; RESK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1992, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agroecossistemas da Região de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 229-336, 1998.

PIZARRO, E. A.; VALLE, C. B.; KELLER-GREIN, G.; SCHULZE-KAFT, F.; ZIMMER, A. H. Regional experience with *Brachiaria*: Tropical américa-savanas. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Eds.). **Brachiaria**: biology, agronomy and improvement. Brasília: EMBRAPA/CNPGC, 1996. p. 225-246.

POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 225-242.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Adubação orgânica. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico: Fundação IAC, 1997. p. 30-35 (Boletim técnico, v. 100).

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim técnico, v. 31).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA. J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciencia Ambiental,** Alta Floresta, v. 27, p. 29-48, 2003.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 93-108.

RODRIGUES, B. R.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007.

SEITZ, R. A. A. A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 103-110.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do Cerrado:** guia de campo. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.

SILVA, A. M.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T. ; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Recuperação de áreas degradadas com a utilização de diferentes espécies e variedades de Pinus. **Revista Cultura Agronômica,** Ilha Solteira, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2002.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. p. 79-88.

SOUZA, R. M.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; COUTO FILHO, C. C. C. Formas de aplicação de calcário nos teores de minerais da forragem do Capim-Tanzânia. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 30, p. 752-758, 2006.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 7, p. 18-23, 2003.

SUZUKI, L. G. A. S. **Recuperação de um solo com adubo verde, lodo de esgoto e revegetado com uma espécie arbórea.** 2005. 55 f. Trabalho de Graduação (Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

TABOADA-CASTRO, M. M.; ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; TABOADA-CASTRO, T. Revegetation on a removed topsoil: effect on aggregate stability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis,** New York, v. 40, p. 771–786, 2009.

TEIXEIRA, W. G.; SCHROTH, G.; FACCIN, O. P.; HUNE, B.; ZECH, W. Avaliação de parâmetros físico-químicos e hídricos do solo como indicadores da recuperação de áreas degradadas na Amazônia Ocidental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE AREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 166-174.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **The Journal of Soil Science,** Oxford, v. 33, p. 141-163, 1982.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research,** Melbourne, v. 17, n. 3, p. 429-441, 1979.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.

VALPASSOS, M. A.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. Contribuição de coberturas vegetais para a recuperação das características químicas e atividade microbiana do solo de uma “área de empréstimo”. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. 4., Blumenau, 2000. **Anais...** Blumenau: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2000. CD-ROM.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; CARVALHO, A. M.; BURLE, M. L.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 97-127.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M; BARCELLOS, A. de O.; KICHEL, A. N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994., p.153- 208.

ANEXO A -
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA DA ÁREA

Quadro 1. Resultados da análise química do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992).

Camada.	P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H + Al	SB	CTC	V%
(m)	mg dm^{-3}	g dm^{-3}	$CaCl_2$	$mmol_c\ dm^{-3}$						
0,00-0,20	1	7,0	4,0	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14
0,20-0,40	0	4,0	4,2	0,2	2,0	1,0	20,0	3,2	23,2	14

Quadro 2. Resultados da análise física (macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo) do subsolo exposto, realizada antes da implantação do experimento (1992).

Camada.	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do solo
m	----------$m^3\ m^{-3}$----------			kg dm^{-3}
0,00-0,10	0,10	0,25	0,35	1,52
0,10-0,20	0,08	0,25	0,33	1,69
0,20-0,40	0,07	0,26	0,33	1,74

ANEXO B – PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE *B. DECUMBENS* NO ANO DE 2008

Quadro 3. Valores médios para a matéria seca da *Brachiaria decumbens* (kg ha^{-1}) nos tratamentos estudados nas 4 épocas de coleta. Selvíria, MS, 2008.

Tratamento	Época			
	janeiro	abril	julho	outubro
SM/B	2.432	1.877	3.572	2.139
MP/B	3.508	2.711	3.539	2.551
G/FP/B	3.089	2.778	4.021	2.495
C+MP/B	2.770	3.532	3.452	2.839
C+G/FP/B	3.164	2.864	4.093	2.339
C+Ge+MP/B	3.214	3.792	4.237	2.845
C+Ge+G/FP/B	2.245	2.455	3.070	1.970

SM/B = Solo mobilizado até 1999, após implantada Braquiária;
MP/B = Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária;
G/FP/B = Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+MP/B = Calcário + Mucuna-preta até 1999, após substituída por Braquiária*;*
C+G/FP/B = Calcário+Guandu até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
C+Ge+MP/B= Calcário+Gesso+Mucuna-preta até 1999 após substituída por Braquiária*;*
C+Ge+G/FP/B= Calcário+Gesso Guandu, até 1994, após substituído por Feijão-de-porco e a partir de 1999 substituído por Braquiária;
MA = Vegetação nativa do Cerrado;
SE = Solo Exposto.