



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

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Efeito de Sistemas de Preparo e Manejo do solo, Culturas de Cobertura e Rotação nas Propriedades Físico-Químicas do Solo e na Cultura do Milho”

RONALDO LUIZ GONZAGA

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini

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
Agosto/2009

FICHA CATALOGRÁFICA

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

G642e

Gonzaga, Ronaldo Luiz.

Efeito de sistemas de preparo e manejo do solo, culturas de cobertura e rotação nas propriedades físico-químicas do solo e na cultura do milho / Ronaldo Luiz Gonzaga. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.
82 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009

Orientador: Edson Lazarini

Bibliografia: p. 72-82

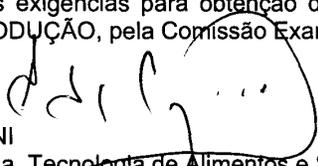
1. Plantio direto. 2. Milho - Cultivo. 3. Milheto. 4. Solos – Densidade.
5. Solos – Porosidade. 6. Crotalária.

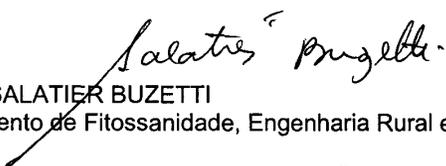
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeito de Sistemas de Preparo de Solo, Culturas de Cobertura e Rotação de Culturas nas Propriedades Físico-Químicas de um Solo de Cerrado e na Produtividade da Cultura do Milho

AUTOR: RONALDO LUIZ GONZAGA FREITAS
ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON LAZARINI

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


Prof. Dr. EDSON LAZARINI
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. CARLOS SERGIO TIRITAN
Departamento de Solos / Universidade do Oeste Paulista

Data da realização: 29 de agosto de 2009.

A MINHA FAMÍLIA

Pelo amor, carinho, dedicação, educação e esforços para que eu alcançasse os objetivos, deixo minha eterna gratidão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À *DEUS*, pela vida, sabedoria e determinação para a conclusão de mais uma etapa na caminhada da vida;
- À *FAMÍLIA*, pela compreensão, amor, carinho, amizade, incentivo, tornando possível a conclusão de uma etapa importante da vida;
- Ao Prof. Dr. Edson Lazarini, pelas orientações, ensinamentos, profissionalismo, humanismo e pela compreensão;
- À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista – FEIS/UNESP, em especial ao departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, do Curso de Agronomia, com a disponibilização de sua estrutura para a realização do trabalho.
- À *CAPES*, pela concessão da bolsa de estudos e suporte financeiro;
- Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão) pela ajuda nos trabalhos de campo;
- Aos técnicos de laboratório Alexandre Marques da Silva e Selma Maria Bozzite de Moraes, pelos auxílios nas análises de solo e tecidos;
- Ao técnico do Laboratório de Física do Solo, Valdivino, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório;
- Ao colega de pós-graduação, Carlos Eduardo M. Barbosa pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório;
- Ao amigo e colega de república, Eliomar Sérgio Veloso, pelo companheirismo;
- A Janete Motta da Silva pelo apoio, amor e compreensão.

RESUMO

Nas últimas décadas o SPD (Sistema de Plantio Direto) tem sido adotado pela maioria dos produtores de grãos na região dos cerrados, porém nesse tipo de sistema de cultivo, há um grande questionamento quanto às propriedades físico-químicas dos solos no decorrer da sua implantação. O objetivo do presente trabalho foi de avaliar e correlacionar os possíveis efeitos de dois sistemas de preparo do solo (direto e convencional), quatro culturas de cobertura (crotalária+milheto, sorgo, crotalária e milheto) e uma área em pousio e dois sistemas de manejo do milho (rotação e monocultura), nas propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho de textura argilosa, na safra 2006/2007, após oito anos sob os tratamentos descritos. O trabalho foi desenvolvido na área experimental da Faculdade de Engenharia/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS. Foi feita uma análise conjunta, considerando os dois sistemas de preparo de solo e dentro de cada um deles dois blocos casualizados, com os fatores culturas de cobertura e sistemas manejo do milho segundo um esquema em faixas. Foram realizadas as seguintes avaliações na cultura do milho: produção de matéria seca, altura de plantas; altura de inserção da espiga; produção de grãos e peso de 100 grãos. A caracterização química da área foi realizada com a retirada de amostras nas profundidades 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm. Foram determinados o pH e os teores de M.O, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al e calculados os valores de SB, T e V%. As propriedades físicas avaliadas foram: macro, micro, porosidade total e densidade do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Os resultados obtidos permitiram concluir que: - o sistema convencional de preparo do solo favorece a produção de matéria seca pelas culturas de cobertura; o milheto e sorgo são culturas de cobertura com maior produtividade de matéria seca; as plantas daninhas na área em pousio proporcionam produção de matéria seca semelhante a sorgo e milheto; quando há efeito positivo nos atributos físicos do solo (macro, microporosidade e densidade do solo) nas camadas 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 é devido a rotação de culturas ou sistema convencional de preparo do solo; o solo após oito anos da adoção dos sistemas de preparo do solo, manejo e culturas de cobertura ou pousio, apresentou redução nos teores da maioria dos atributos químicos avaliados (exceção ao teor de K); maiores teores de matéria orgânica são obtidos

sob monocultura do milho e utilização do sistema plantio direto; há maior retorno de palha em sistema de monocultivo; produção de matéria seca do milho é favorecida pela monocultura e a produtividade de grãos não é influenciado no oitavo ano agrícola pelos sistemas de preparo do solo, manejo da cultura e culturas de cobertura utilizadas.

Palavras-chave: Plantio direto. *Zea mays*. Crotalária. Milheto. Porosidade. Densidade do solo.

ABSTRACT

In the last few decades the no tillage system has been adopted for the majority of the producers of grains in the Cerrado region, however in this type of soil management system, it has a great questioning how much to the properties physical-chemistry of ground in elapsing of its implantation. The objective of the present work was to evaluate and to correlate the possible effect of two soil management systems (no tillage and conventional), four cover crops (sun hemp + millet, sorghum, sunn hemp and millet) and an follow area with weeds and two crop rotation (monoculture and crop rotation with soybean), in the properties physical-chemistries of a Red Latossol of clayed texture, in harvest 2006/2007, after eight years under the described treatments. The work was developed in the experimental area of the FE/UNESP – Ilha Solteira campus, located in the county of Selvíria – Mato Grosso do Sul State, Brazil. A joint analysis was made, considering the two soil management systems and of each one of them two blocks, with the factors cover crops and crop rotation of the maize according to a project in bands. The following evaluations in the culture of the maize had been carried through: production of dry matter, height of plants; height of insertion of the spike; yield grains and weight of 100 grains. The chemical characterization of the area was carried through with the withdrawal of samples in the depths 0.0 – 0.5; 0.5 – 0.10; 0.10 – 0.20 and 0.20 – 0.40 m. They had been determined pH and the levels of organic matter, P, K, Ca, Mg, H+Al and Al and calculated the values of SB, T and V%. The evaluated physical properties had been: macro, micro, total porosity and soil density, in the depths of 0.0 – 0.10, 0.10 – 0.20 and 0.20 – 0.40 m. The conclusions was: the conventional soil management system favors the yield of dry matter for the cover crops; millet and sorghum are cover crops with bigger yield of dry matter; the weeds in the follow area provide to yield of similar dry matter sorghum and millet; when it has positive effect in the physical attributes of the soil (macro, microporosity and density of the soil) in layers 0.10 – 0.20 and 0.20 – 0.40 m must the crop rotation or conventional soil management system; the soil after eight years of the adoption of the management systems, crop rotation and cover crops or follow area, presented reduction in level of the majority of the evaluated chemical attributes (exception to the level of K); bigger level of organic matter are gotten under cultivation of the maize and use of the no tillage system; it

has greater dry matter return in monoculture system; yield of dry matter of the maize is favored by the monoculture and the productivity of grains is not influenced nom eighth agricultural year for the soil management systems, crop rotation and cover crops.

Key words: No tillage. *Zea mays*. Sunn hemp. Millet. Porosity. Density of the soil.

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Distribuição das culturas de soja e milho nos terraços da área experimental. Selvíria (MS), novembro/1999	28
2. Esquema de divisão das faixas para as culturas de cobertura na área experimental. Selvíria (MS), abril/2000	28
3. Esquema de divisão das faixas de manejo para as culturas de soja e milho na área experimental. Selvíria (MS), novembro/2000	29
4. Esquema amostragem de solo nas culturas soja e milho, na área experimental, com trado de caneca. Selvíria (MS), setembro/2007	35
5. Temperaturas médias mensais máximas, médias e mínimas, no período de condução do experimento (setembro/06 - abril/07), no município de Selvíria – MS.....	36
6. Médias de precipitação do período de condução do experimento (setembro/2006 a abril/2007), no município de Selvíria – MS.....	37

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Histórico de fertilidade do solo na área experimental em duas profundidades, nos dois sistemas de preparos de solo no momento da instalação do experimento, Selvíria (MS), 1999	30
2. Análise de variância da produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de coberturas. Selvíria - MS, 2006	38
3. Médias de produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de coberturas, Selvíria - MS, 2006	39
4. Desdobramento da interação: preparo x cobertura, significativa para produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de cobertura. Selvíria - MS, 2006	40
5. Médias e coeficientes de variação para macro ($m^3\ m^{-3}$), micro ($m^3\ m^{-3}$), porosidade total ($m^3\ m^{-3}$) e densidade ($Mg\ m^{-3}$) na profundidade de 0,0 - 0,10 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	42
6. Desdobramento da interação sistemas de preparo x cultura de cobertura, significativa para microporosidade ($m^3\ m^{-3}$) na profundidade de 0,0 - 0,10 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	42
7. Médias e coeficientes de variação para macro ($m^3\ m^{-3}$), micro ($m^3\ m^{-3}$), porosidade total ($m^3\ m^{-3}$) e densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) na profundidade de 0,10 - 0,20 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	44
8. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura, significativa para microporosidade ($m^3\ m^{-3}$) na camada de 0,10 - 0,20 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	44
9. Médias e coeficientes de variação para macro ($m^3\ m^{-3}$), micro ($m^3\ m^{-3}$), porosidade total ($m^3\ m^{-3}$) e densidade ($Mg\ m^{-3}$) na profundidade de 0,20 - 0,40 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	45
10. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura, significativa para densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$), na profundidade de 0,20 - 0,40 m. Selvíria - MS, 2007	46
11. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P ($mg\ dm^{-3}$), M.O ($g\ dm^{-3}$), valores de pH ($CaCl_2$), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S ($mg\ dm^{-3}$) e valores de SB, CTC ($mmol_c\ dm^{-3}$), V (%), na camada de 0,00-0,05 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007 ...	47

12. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,05-0,10 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007 ...	48
13. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,10-0,20 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007 ...	49
14. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,20-0,40 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007 ...	50
15. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,0 - 0,05 m. Selvíria - MS, 2007	51
16. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,05 - 0,10 m. Selvíria - MS, 2007	52
17. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS, 2007	53
18. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC, V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007	54
19. Desdobramento da interação sistema de preparo do solo x manejo, para o teor de M.O (g dm^{-3}) no solo, na camada de 0,05 a 0,10 m. Selvíria - MS, 2007	56
20. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura, para o teor de M.O. (g dm^{-3}) no solo, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007	57
21. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x manejo, para os teores de M.O. (g dm^{-3}) no solo, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007	58
22. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura para valores de pH (CaCl_2) na camada de 0,0 a 0,05 m. Selvíria - MS, 2007	59
23. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x manejo, para os teores de Al trocável ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo, na camada de 0,0 - 0,05 m. Selvíria - MS, 2007	61
24. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura, para os teores de S (mg dm^{-3}) na camada de 0,10 - 0,20 m. Selvíria - MS, 2007	63

25. Desdobramento da interação manejo x culturas de cobertura, para os teores de S (mg dm^{-3}) na camada de 0,10-0,20 m. Selvíria - MS, 2007	64
26. Médias e coeficientes de variação para os teores foliares de macronutrientes (g kg^{-1}) no milho, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	65
27. Desdobramento da interação sistemas de preparo x manejo, para os teores foliares de fósforo (g kg^{-1}) na cultura do milho. Selvíria - MS, 2007	66
28. Valores de F e coeficientes de variação para população final, altura de planta, altura de espiga, matéria seca, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura do milho. Selvíria - MS, 2007	66
29. Médias de população final (plantas ha^{-1}), altura de planta (m), altura de espiga (m), matéria seca (t ha^{-1}), peso de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) do milho, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007	69
30. Desdobramento da interação manejo x culturas de cobertura, para matéria seca restituída ao solo com a colheita do milho (t ha^{-1}). Selvíria - MS, 2007	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Culturas de cobertura	16
2.2. Rotação de culturas	19
2.3. Efeitos dos manejos nas características agronômicas da soja e milho	20
2.4. Efeitos dos manejos nas propriedades físicas do solo	21
2.5. Efeitos dos manejos nas propriedades químicas do solo	23
2.6. Efeitos dos manejos no estado nutricional da cultura do milho	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Localização e características da área experimental	27
3.2. Histórico da área experimental	27
3.3. Delineamento experimental	30
3.4. Condução da safra 2006/07	30
3.5. Obtenção dos dados e avaliações	32
3.5.1. Culturas de cobertura	32
3.5.2. Cultura do milho	32
3.5.3. Caracterização físico-química da área	33
3.6. Análises estatísticas	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Dados climáticos no período do experimento	36
4.2. Matéria seca das culturas de cobertura	37
4.3. Atributos físicos do solo	40
4.4. Atributos químicos do solo	46
4.4.1. Fósforo	55
4.4.2. Matéria orgânica	55
4.4.3. Acidez (pH em CaCl ₂)	58
4.4.4. Potássio	59
4.4.5. Cálcio	59
4.4.6. Magnésio	60
4.4.7. Acidez potencial (H + Al)	60
4.4.8. Alumínio trocável (Al)	61
4.4.9. Soma de bases (SB)	62

4.4.10. Capacidade de troca catiônica (CTC)	62
4.4.11. Saturação por bases (V%)	62
4.4.12. Enxofre	62
4.5. Teores foliares de nutrientes na cultura do milho	64
4.6. Características agronômicas e produtividade do milho	66
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

Estimativas dão conta de que são cultivados cerca de 48,6 milhões de hectares com culturas produtoras de grãos e deste total, 22 milhões de hectares têm sido cultivados com soja e 14,7 milhões com milho. Na safra 2007/08 a produção de soja no país atingiu aproximadamente 60 milhões de toneladas e 58 milhões de toneladas de milho (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2009). No Brasil mais de 20 milhões de hectares tem sido cultivados sob sistema plantio direto (SPD), estando 25% dessa área localizada na região do Cerrado brasileiro (RAIJ, 2006).

O SPD é uma técnica conservacionista que se baseia na rotação de culturas e é caracterizado pelo cultivo em terreno coberto por palha e ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. Segundo Scaléa (2000), o binômio soja e preparo intensivo que predominou por muito tempo na exploração agrícola do cerrado, é a pior combinação possível para a integridade do solos, o que levou extensas áreas a estágios avançados de compactação e degradação.

Esse sistema proporciona efeitos significativos na conservação e melhoria do solo, da água, no aproveitamento dos recursos e insumos, na fertilidade do solo, no controle de plantas invasoras, na redução dos custos e na estabilidade de produção, assim como nas condições de vida do produtor rural e da sociedade (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1997).

A adoção do SPD pode reduzir em cerca de 75% as perdas de solo em áreas com baixa declividade e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA; FREITAS, 1999).

Salet (1994) descreve o SPD em duas fases: a de instalação, correspondente aos primeiros quatro ou cinco anos após a sua adoção e após esse período a segunda fase, a estabilidade, onde são observadas alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Outro aspecto importante a destacar é o uso de coberturas vegetais mortas na superfície do solo, visto que esta prática tem sido considerada indispensável para o sucesso do SPD. A palhada depositada sobre o solo reduz o impacto das gotas de chuva na sua superfície, reduzindo assim os riscos de erosão, além de contribuir para o acúmulo de matéria orgânica que proporciona inúmeros benefícios aos solos e conseqüentemente às culturas que neles serão

implantadas. Um dos benefícios associados a esse processo é a redução da acidez e da toxidez do alumínio no solo.

A capacidade dos resíduos vegetais em reduzir a acidez do solo está associada aos seus teores de cátions de reação básica e carbonos orgânicos solúveis, que normalmente são maiores em resíduos de adubos verdes (MIYAZAWA et al., 2000).

Os resíduos produzidos pelas culturas de maior interesse comercial geralmente são insuficientes para produzir uma cobertura do solo ideal. Portanto, é necessário introduzir no sistema plantas que associadas a determinadas técnicas, são capazes de produzir boa quantidade de fitomassa com rápido desenvolvimento inicial e de ciclo curto, para que seja fácil sua inserção na rotação de culturas e que seus resíduos não sejam decompostos rapidamente, de modo que o solo permaneça coberto o maior período possível (PELA, 2002).

A rotação de culturas se tornou uma prática agrícola indispensável e que atende às exigências de conservação do solo, pois as diferentes espécies inseridas no sistema proporcionam grande variabilidade no material vegetal adicionado ao solo e, ainda controle da erosão, manutenção da fertilidade do solo, redução do custo de operações, o que acaba proporcionando maior renda aos produtores e leva a uma agricultura sustentável (CALEGARI, 2000).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar:

- Matéria seca das coberturas: verificar qual cultura de cobertura proporciona melhor proteção do solo, medido através da quantidade de massa seca produzida em um determinado período de tempo.

- Características agrônômicas da cultura do milho: quantificando o efeito prolongado dos sistemas de manejo adotados sobre os componentes da produtividade.

- Estado nutricional da cultura: detectar se há um efeito positivo ou negativo das culturas de cobertura combinadas aos manejos, sobre a cultura sucessora de verão, na absorção de nutrientes.

- Características físico-químicas do solo: mostrar possíveis efeitos dos sistemas de manejo propostos, na estrutura físico-química do solo após oito anos de condução dentro do sistema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Culturas de cobertura

As plantas de cobertura têm sido cultivadas visando à proteção do solo contra erosão e perda de nutrientes. Manter a superfície do solo permanentemente coberta por materiais vegetais em fase vegetativa ou como resíduo é, efetivamente, o manejo mais recomendado para a proteção e conservação do solo (ALVARENGA et al., 1995).

O cultivo de espécies de ciclo curto e de rápido crescimento, principalmente milho e sorgo, antes ou após o plantio da cultura de verão, tem sido o sistema mais utilizado na região dos cerrados brasileiros (JEMURA et al., 1997, SCALÉA, 2000, TAKIZAWA, 2003). Apesar dos bons resultados que as pesquisas têm encontrado com este sistema, em função das variações nas condições de clima algumas vezes ocorre atraso no plantio destas espécies e não se obtém quantidade de biomassa suficiente para a otimização dos benefícios do SPD.

Com apenas um cultivo anual, o solo permanece grande parte do tempo ocupado com o crescimento de plantas daninhas, que além de não produzirem um volume adequado de palhada, corroboram para o aumento da infestação por espécies invasoras da área em anos subseqüentes, o que destaca a importância das culturas de cobertura (CAMARGO; PIZA, 2007).

A utilização de espécies com diferentes características de sistema radicular, que podem ser incluídas em sistemas de rotação e/ou de sucessão, é de extrema importância para o planejamento da recuperação e conservação dos solos. Na maioria dos casos, a consorciação de duas ou mais espécies ou uma rotação adequada de culturas já é capaz de melhorar substancialmente as características físicas de solos degradados ou em início de degradação (TEIXEIRA et al., 2003).

A culturas de cobertura já se constituem em um dos critérios para a recomendação de adubação nitrogenada no caso do milho em SPD nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (AMADO et al., 2002). Para as condições de cerrado, Sousa e Lobato (2004) recomendam considerar, dentre os critérios para o cálculo da dose de nitrogênio (N) para o milho, um fator específico para gramíneas ou leguminosas para estimar a contribuição do N mineralizado dos

resíduos das três últimas culturas cultivadas no verão. Esse fator deve ser multiplicado pelas suas respectivas produtividades de grãos.

O uso de culturas de cobertura na entressafra, sobretudo as leguminosas, antecedendo a cultura do milho em SPD, demonstra ser uma alternativa promissora na suplementação de N (OHLAND et al., 2005). A qualidade do resíduo vegetal, principalmente sua relação C/N, e a disponibilidade de N mineral na solução do solo influenciam na taxa de decomposição e no aproveitamento do N destes resíduos pela cultura do milho.

Lara Cabezas et al. (2004) descrevem que nas condições de cerrado, as gramíneas demonstram melhores resultados em relação à produção de biomassa, com destaque para o milheto. Isto se deve a sua maior resistência ao déficit hídrico, com maior produção de biomassa e menor custo das sementes. Além disso, as elevadas temperaturas associadas à alta pluviosidade no verão promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N como as leguminosas.

A escolha da cobertura vegetal do solo, quer como adubo verde ou como cobertura morta, deve ser feita objetivando produção de grande quantidade de biomassa. Salton et al. (1998) destacam que dependendo da região de plantio, deve-se dar preferência para plantas fixadoras de N, com sistema radicular profundo ou abundante, promotoras de reciclagem de nutrientes, capazes de se nutrir com os fertilizantes residuais das culturas comerciais e que não sejam hospedeiras de pragas, doenças e nematóides.

Andreola et al. (2000) ressaltam que as práticas vegetativas, como as que envolvem a cobertura vegetal do solo, além de serem simples, auxiliam no controle da erosão e, na maioria dos casos, melhoram a disponibilidade de nutrientes para a cultura subsequente. Pesquisas demonstram que a pouca disponibilidade de palhada sobre o solo em áreas sob SPD está diretamente relacionada à falta de bons resultados com este sistema. A cobertura morta resultante exclusivamente dos restos culturais do cultivo de verão e de plantas daninhas é insuficiente para a plena cobertura e proteção do solo, podendo comprometer a eficiência do SPD.

Lopes et al. (1987) concluíram que uma, duas e quatro t ha⁻¹ de matéria seca de resíduo vegetal cobrem cerca de 20%, 40% e 60-70% da superfície do solo, respectivamente. Seria necessário, pelo menos, sete t ha⁻¹ de matéria seca

de palhada, uniformemente distribuída, para a cobertura plena da superfície do solo.

Alguns autores preconizam que de 10 a 11 t ha⁻¹ de matéria seca, propiciaria uma cobertura ideal para a manutenção do SPD. Um dos desafios tem sido encontrar espécies vegetais que produzam quantidade e qualidade de palha suficiente, nas condições limitantes do cerrado. As condições climáticas limitantes dos cerrados dificultam o desenvolvimento de culturas de cobertura em épocas do ano fora da estação chuvosa. E mesmo nesta época, os riscos e as dificuldades de acumulação de matéria seca são grandes (SALTON et al., 1998).

Dexter (1991) destaca que as raízes das plantas de cobertura podem amenizar a impedância mecânica do solo. O sistema radicular provoca desarranjos no solo ao penetrar camadas com alta resistência mecânica e, ao se decompor, deixa canais (“bioporos”) que contribuem para a infiltração de água e difusão de gases, melhorando a qualidade física do solo para as culturas subseqüentes. Além disso, o crescimento radicular pode incrementar o teor de matéria orgânica ao longo do perfil do solo, a qual promove a estabilização dos agregados, reduzindo a susceptibilidade do solo à compactação (ROTH et al., 1992).

Em trabalho de Suzuki e Alves (2006), o milho e a crotalária como culturas de cobertura, se destacaram na produção de matéria seca em relação ao guandú e a mucuna. Pitol et al. (1996) ressaltam que a produção de matéria seca dessas espécies pode variar de 4.000 a 5.000 kg ha⁻¹. Já França e Madureira (1989), em área de cerrado, sem adubação, obtiveram produção de 4.500 kg ha⁻¹ de matéria seca de milho.

A reciclagem de nutrientes é outro benefício importante, já que diferentes culturas requerem adubações diferenciadas, sendo também diferentes os resíduos que permanecem após os cultivos (SCALÉA, 2000).

Amado et al. (2002) classificam as plantas de cobertura conforme sua produção de fitomassa. De acordo com os resultados de matéria seca obtidos, os autores concluíram que as culturas de sucessão podem ser classificadas como de baixa produção: aveia-preta, guandú e milho; média produção: crotalária júncea, girassol e mucuna; e como de alta produção: feijão-bravo-do-ceará.

Discordando dessas informações, em trabalhos realizados por Alvarenga et al. (2001), Oliveira et al. (2002), o milho apresentou elevadas taxas de

cobertura, em duas épocas de avaliação, em agosto e outubro, depois das primeiras chuvas. O maior tempo de permanência de seus resíduos deve-se à sua alta relação C/N, proporcionando maior resistência à decomposição e uniformidade de distribuição sobre o solo.

2.2. Rotação de culturas

O princípio da rotação de culturas é de alternar anualmente espécies vegetais numa mesma área agrícola. Consistindo em introduzir uma cultura de cobertura no inverno ou verão, intercalada com o plantio da cultura principal, visando formar palha ou cobertura morta. Este sistema tende a recuperar, manter e melhorar os recursos naturais bem como as características do solo. O processo repõe restos orgânicos e protege o solo da ação dos agentes climáticos, ajudando a viabilizar o SPD (PRIMAVESI, 2002).

A rotação de culturas contribui para manter o equilíbrio dos nutrientes no solo e aumentar a sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas. A adição regular de resíduos de adubos verdes aos vários solos dos trópicos, nos quais a matéria orgânica apresenta-se entre 2% e 3%, promovem, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, possibilitando maior penetração do sistema radicular (IGUE, 1984).

Em SPD a rotação de culturas nos cerrados é caracterizada pelo cultivo de verão com soja ou milho, sucedido por milho, sorgo ou milheto no outono. Alternativamente, a semeadura pode ser realizada nas primeiras chuvas (antecipada) produzindo palha para a semeadura da cultura comercial em novembro. Nesse contexto, a cultura da soja é a que apresenta melhores resultados sobre plantio direto em sucessão à pastagem, sendo também indicada antecedendo a pastagem, devido à fixação de N em benefício à produção de forragem (CORDEIRO, 1999).

O sistema de cultivo com rotação ao longo do tempo tende a alterar as propriedades físicas do solo. Em latossolos vermelho-escuros sob rotação de culturas, Campos et al. (1995) observaram maior atividade microbiana e estabilidade dos agregados. Já Albuquerque et al. (1995) observaram maior volume de macroporos e menor densidade do solo, nos sistemas de rotações de culturas comparados às sucessões.

Em trabalho conduzido por Silveira Neto et al. (2006), os efeitos da rotação de culturas sobre os atributos físicos do solo foram mais expressivos que os efeitos do sistema de preparo do solo. Possivelmente, isto ocorreu devido à variação anual nas culturas implantadas, que proporcionaram diferentes aportes de material vegetal ao solo. Entretanto, observou-se que o sistema de rotação que incluiu mais vezes o cultivo de milho propiciou, na camada de 10-20 cm de profundidade, menor valor de densidade de solo, maiores valores de macroporosidade e de porosidade total em relação aos sistemas de rotação que não o incluíam. Já Bertol et al. (2004), em trabalho envolvendo rotação e sucessão de culturas, não observaram efeito significativo nas propriedades físicas do solo, tanto sob semeadura direta quanto em preparo convencional de solo.

A cultura do milho, responsável por mais de 43 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2009), está presente como integrante de rotação em boa parte das áreas cultivadas sob SPD. Na região sul do Brasil, o trigo ainda configura como uma das mais tradicionais opções para rotação com o milho, com benefícios para ambas as culturas, uma vez manejadas segundo os princípios deste sistema de plantio.

Conforme Medeiros et al. (1987), o sistema de rotação de culturas com leguminosas e gramíneas constitui um sistema capaz de promover a recuperação e conservação de solos fisicamente degradados. O efeito benéfico da rotação de culturas associado às plantas de cobertura sobre parâmetros físicos do solo é ressaltado por outros autores tais como Derpsch et al. (1991), Cattelan et al. (1997).

2.3. Efeitos dos manejos nas características agrônômicas do milho

Existem relativamente poucos trabalhos de longa duração avaliando o rendimento de grãos da cultura do milho, sob sistemas de manejo de solo. Em trabalhos encontrados até a metade da década de 90, não havia análise conjunta dos anos sobre rendimento de grãos de milho, soja, sorgo e trigo, sob diferentes sistemas de manejo de solo (SIDIRAS et al., 1983, RUEDELL, 1995).

Em trabalho realizado por Grotta (2006), foi observado que a altura de inserção da primeira espiga nas plantas de milho, não houve diferenças quando submetidas a diferentes culturas de coberturas do solo. O autor evidencia que

essa característica não depende da cobertura do solo implantada, visto que esta característica é determinada geneticamente.

O cultivo de leguminosas antecedendo o milho aumenta a disponibilidade de N no solo, aumentando a absorção do mesmo pela planta e conseqüentemente o rendimento de grãos, assim o uso e manejo de leguminosas é importante para a melhoria dos componentes de produção da cultura (OHLAND et al., 2005).

A cobertura do solo no SPD proporciona maior umidade nas camadas superficiais, mantendo por maior tempo a faixa de água disponível para as plantas, devido à redução das perdas por evaporação (SALTON; MIELNICZUK, 1995). Esse fato é observado em trabalhos como o de Centurion e Demattê (1985), De Maria et al. (1999).

Os resíduos vegetais deixados na superfície do solo podem proporcionar tanto efeitos positivos como negativos sobre o crescimento de plantas de verão, estabelecidas em sucessão (ROMAN; VELLOSO, 1993).

O rendimento de grãos na maioria das culturas, sob diferentes manejos de solo depende, dentre outros fatores, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável os relatos na literatura sobre o comportamento das culturas nos diferentes manejos de solo e/ou rotação de culturas.

Na cultura do milho, os resultados referentes à forma de manejo do solo são também bastante diferenciados. Maiores rendimentos de milho no SPD, em relação a outros sistemas de manejo, são relatados por Hernani e Salton (1997), Ismail et al. (1994), e discordando desses dados, Oliveira et al. (1990), Balbino et al. (1994) encontraram efeitos negativos.

2.4. Efeitos dos manejos nas propriedades físicas do solo

Com a expansão do SPD na região dos cerrados do Brasil, os solos sob esse sistema geralmente apresentam, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e de microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total na camada superficial, quando comparados aos solos sob manejo convencional (SILVEIRA et al., 1999). Isso decorre devido, principalmente

do arranjo natural do solo revolvido e da pressão exercida pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de umidade (VIEIRA; MUZILLI, 1984).

Silveira Neto et al. (2006) destacaram uma série de atributos do solo para avaliar sua qualidade, como teores de matéria orgânica, densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Os atributos físicos descritos apresentam bom desempenho como indicadores da qualidade, distinguindo bem os efeitos proporcionados pelos sistemas de manejo do solo.

O aumento na densidade do solo da camada superficial tem feito com que alguns agricultores da região dos cerrados, eventualmente, utilizem o arado ou o escarificador em suas áreas até então conduzidas sob SPD, atuando na redução da densidade do solo e na redistribuição dos nutrientes no perfil do solo. Tal procedimento pouco afeta o aspecto conservacionista de manejo do solo, já que a semeadura direta volta a ser empregada nos cultivos subsequentes (SILVEIRA et al., 1998).

Stone e Silveira (2001) observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, melhorando, inclusive, a estrutura do solo. Segundo estes autores, a rotação de culturas, a inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e elevado aporte de matéria seca, ajuda na melhoria de outros atributos físicos do solo. A intensidade da melhoria depende do período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies envolvidas no sistema. Fato também descrito em trabalho realizado por Reeves (1995).

Castro (1989) ressalta que alterações na estrutura de solos argilosos pelo SPD contínuo, com sensível aumento na densidade e diminuição na macroporosidade e na porosidade total, podem provocar modificações no fluxo de água e nutrientes do solo e na atividade microbiana, atuando, conseqüentemente, na redução do desenvolvimento das culturas e no aumento do processo erosivo.

Em trabalho conduzido por Silveira Neto et al. (2006) concluíram que a densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total, não foram influenciadas pelos sistemas de rotação de culturas, nas camadas de 0-10 cm e de 20-30cm de profundidade. Porém, na faixa compreendida entre 10-20 cm, os mesmos foram afetados, fato justificável devido à maior parte do sistema radicular das culturas estarem concentrados nessa profundidade.

Castro Filho et al. (2002), trabalhando com milho como cobertura de solo, relatam que o denso sistema radicular provavelmente contribuiu para aumentar o teor de matéria orgânica e melhorar ao longo do tempo a porosidade do solo sob SPD contínuo, com reflexos positivos na estrutura física do solo, fato também observado por Bráz (2003).

2.5. Efeitos dos manejos nas propriedades químicas do solo

O acúmulo dos corretivos e fertilizantes, através do SPD, nas camadas superficiais do solo, por não haver incorporação, altera a distribuição, acumulação, disponibilidade e aproveitamento de nutrientes pelas plantas. Nesse aspecto, há necessidade de trabalhos sobre estudos de efeitos dos sistemas de plantio nas propriedades dos solos e sua influência na disponibilidade de nutrientes para as plantas, buscando assim melhor manejo da fertilidade do solo (MUZILLI, 1985).

O não revolvimento do solo no SPD e o processo de reciclagem de nutrientes que são absorvidos pelas raízes e translocados para a parte aérea, acumulando-se na superfície do solo após a decomposição dos resíduos vegetais, podem elevar os teores de nutrientes do solo (KURIHARA et al., 1998). A distribuição da matéria orgânica no solo é diferenciada quando comparados os SPD e plantio convencional, uma vez que no SPD a mesma fica na superfície, protegendo o solo e no convencional é distribuída e incorporada em toda a camada arável, acelerando o seu processo de decomposição e perda, e com isso, há diminuição no seu aproveitamento.

Em áreas com SPD a mais de cinco anos, geralmente, verifica-se um aumento significativo nos níveis de fósforo (P) na camada de 0-5 cm. Há uma redistribuição do P em formas orgânicas, mais estáveis e menos suscetíveis à fixação e um aumento na eficiência do aproveitamento dos adubos fosfatados aplicados. O aumento dos teores de nutrientes na camada superficial permite uma racionalização das adubações nas culturas subseqüentes a partir do quarto ano, em média. Assim em áreas com SPD estabilizado, com adequada cobertura de palha e com disponibilidade média de P e potássio (K), sugere-se a redução em 10 % na aplicação desses nutrientes quando esses valores forem altos,

recomendando-se a aplicação com base na exportação de nutrientes pelos grãos da cultura (KURIHARA et al., 1998).

Estudo realizado em Latossolo Roxo distrófico por Muzilli (1985) comparando o SPD ao convencional, observou acumulação de P sensivelmente mais alta em plantio direto na camada de 0-5 cm de profundidade e comparando com os teores iniciais, houve uma melhoria na disponibilidade desse nutriente até os 15 cm de profundidade em ambos os sistemas. O maior acúmulo de P nas camadas superficiais no plantio direto se explica pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, já o maior contato entre o adubo por ocasião do preparo, promovido pela movimentação do solo na ocasião do preparo, explicam a menor disponibilidade do nutriente em plantio convencional e seu comportamento quanto à distribuição ao longo da camada arável.

Estudando as propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciada pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral, Andreola et al. (2000), ao coletar amostras nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, observaram que a cobertura vegetal de inverno mostrou-se eficiente na manutenção de nutrientes, especialmente de K e dos níveis de carbono orgânico, dentro dos limites da camada arável.

Em trabalho conduzido por Bayer e Bertol (1999) observaram que o pH e o alumínio (Al) não foram afetados pelos sistemas de preparo de solo. Houve uma pequena estratificação de cálcio (Ca) e grande estratificação de P e K em profundidade no plantio direto quando comparado com o preparo de solo reduzido e convencional.

Para Muzilli (1981), no processo de lixiviação do N em forma de nitrato, o mesmo não se move isoladamente, levando consigo certa quantidade de cátions, como o Ca, K e Magnésio (Mg). No entanto, no SPD houve uma tendência de acúmulo desse nutriente na camada de 0-10 cm, reflexo da baixa mobilização do nutriente por lixiviação, prevalecendo uma maior disponibilidade da Ca e Mg.

Em trabalhos conduzidos nos Estados Unidos, com a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, houve acúmulo substancial de matéria orgânica, P extraível, Ca trocável, Mg e K trocável do solo na camada 0-5 cm, após seis anos de SPD (SHEAR; MOSCHLER, 1969).

No Brasil, existem vários trabalhos que relatam efeitos positivos do SPD no solo. Trabalhos conduzidos nos estados do Pará e Rio Grande do Sul

revelaram acúmulo de Ca e K trocável, bem como de P, nas camadas superficiais do solo, a partir de três ou quatro anos de cultivo sob (BOUGLÉ; PEREIRA, 1978, MUZILLI, 1983, SIDIRAS; PAVAN, 1985). Nesses casos, houve aumento de pH e, em consequência, redução do nível de Al trocável na camada 0-10 cm de solo.

Em trabalho de Santos e Lhamby (1992), no estado do Paraná, sob SPD, foi observada uma diminuição nos valores de pH, Ca e Mg trocáveis do solo, com o aumento da profundidade de amostragem (0-20cm), enquanto que os teores de Al, MO, P e K trocável foram mais elevados na superfície do solo, em comparação às camadas mais profundas (15-20cm).

Em algumas regiões, as leguminosas são mais utilizadas como plantas de cobertura, por apresentarem em geral sistema radicular profundo e ramificado e ainda com capacidade de fixar o N atmosférico, apesar de possuírem baixa relação C/N. Estas características possibilitam às leguminosas a extração de elementos menos solúveis e a mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo, tornando-os disponíveis às culturas subseqüentes, como é o caso da cultura do milho, que tem uma grande exigência de N (MIYASAKA, 1983, INFORZATO, 1947, FRANCO; SOUTO, 1984).

Sá (1999) observou que em áreas cultivadas com milho sob SPD, há uma tendência de redução do pH do solo ao longo dos anos, o que pode ser justificável devido à ação acidificante dos fertilizantes nitrogenados utilizados na cultura. Resultados semelhantes também foram encontrados por Blevins et al. (1977), Staley e Boyer (1997), onde houve redução do pH do solo até 15cm de profundidade. Ainda, comparativamente ao sistema de preparo convencional, o pH do solo sob SPD é maior (MUZILLI, 1983, SIDIRAS; PAVAN, 1985).

2.6. Efeitos dos manejos no estado nutricional da cultura do milho

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura, onde há correlação entre sistemas de manejo do solo e o estado nutricional da cultura do milho. A maioria dos trabalhos nesse âmbito descreve alterações nas propriedades químicas no solo, porém é necessário detectar se há alterações nos teores de nutrientes absorvidos pelas plantas.

O trabalho de Silva (2005) é um dos poucos que faz essa correlação do estado nutricional das plantas com o manejo do solo. O autor destaca que os

preparos de solo (convencional, reduzido e direto), na cultura do feijoeiro, não influenciaram os teores de N, P, K, Ca, Mg e S presentes nas folhas de feijoeiro. Em relação ao efeito das culturas antecessoras, praticamente não houve diferenças nos teores foliares destes nutrientes, com exceção do Ca, que apresentou maior valor, quando da utilização de soja antes do cultivo do feijoeiro, porém só diferenciando-se dos valores obtidos tendo a *Crotalaria juncea* como cultura anterior.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e características da área experimental

O experimento de longa duração foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP) localizada no município de Selvíria-MS.

A localização geográfica aproximada da área do experimento está na latitude de 20°20' S, longitude de 51°23' O e altitude de 335 metros. O relevo é caracterizado por ser moderadamente plano e ondulado e o solo por ser um Latossolo Vermelho de textura argilosa. O clima do local é do tipo Aw, pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1232,2 mm, umidade média anual de 64,8 % e insolação média de 7,3 horas/dia (HERNANDEZ et al., 1995).

3.2. Histórico da área experimental

Anteriormente a instalação do experimento, a área experimental vinha sendo utilizada para produção de milho, principalmente, sendo em alguns anos também cultivado algodão ou soja, sempre realizado o preparo do solo com arado ou grade pesada e grade niveladora. Em 1999 antes da instalação do experimento foi feita a caracterização química da área, onde foram retiradas amostras de solo em duas profundidades, sendo 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m.

A área começou a ser conduzida sob diferentes sistemas desde outubro de 1999, com o sistema de preparo convencional (SPC) de toda área experimental. Após esse preparo, a área foi dividida no sentido longitudinal em dois terraços de tamanhos iguais. Cada terraço foi novamente dividido em duas partes, onde se semeou as culturas da soja e milho também no sentido longitudinal (Figura 1).

A partir da semeadura das culturas de soja e milho no terraço 1, passou a se utilizar como preparo de solo para os cultivos subseqüentes, o sistema de plantio direto (SPD) e no terraço 2, o sistema de preparo convencional (SPC) com aração + gradagem. No ano seguinte (abril/2000), no sentido transversal, semeou-se sob os respectivos preparos de solo, as culturas de

cobertura/produtora de grãos, em duas repetições: feijão, sorgo, crotalaria (*Crotalaria juncea*), milho e uma faixa foi mantida em pousio (Figura 2).

Cultura do Milho (SPD)	Terraço 1
Cultura da Soja (SPD)	
Cultura do Milho (SPC)	Terraço 2
Cultura da Soja (SPC)	

Figura 1. Distribuição das culturas de soja e milho nos terraços da área experimental. Selvíria (MS), novembro/1999.

Em novembro de 2000, as faixas foram cultivadas novamente com soja e milho, sob os respectivos preparos de solo, e a partir daí começou a se usar mais dois manejos (Rotação, com alternância de milho e soja entre as safras) e Monocultura (cultivo de milho todos os anos na mesma área) como ilustrado na Figura 3. Em abril de 2001, as culturas de coberturas foram semeadas na mesma ordem (Figura 2) e mantida uma área em pousio. Em novembro de 2001, as culturas de milho e soja foram novamente semeadas, mantendo-se esse esquema de manejo durante os oito anos subseqüentes.

SPD	Mono	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Terraço 1
	Rotação	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	
SPC	Mono	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Terraço 2
	Rotação	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	Feijão	Sorgo	Crot.	Milheto	Pousio	

Figura 2. Esquema de divisão das faixas para as culturas de cobertura/produtora de grãos na área experimental. Selvíria (MS), abril/2000.

A partir do ano de 2002 a semeadura das coberturas foi realizada geralmente nos meses de outubro e novembro, pois no mês de abril, as condições climáticas, principalmente quanto à precipitação são muito desfavoráveis para o bom estabelecimento dessas culturas. As culturas de cobertura utilizadas a partir de 2002 foram: setembro de 2002 e outubro de 2003 - guandu, capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana* L), crotalária e milho; no ano agrícola 2004/05, não houve semeadura das culturas de cobertura e em setembro de 2005, foram semeadas as culturas crotalária + milho (2/3 + 1/3), crotalaria + milho (1/3 + 2/3), crotalária e milho. Em outubro de 2006, as culturas de cobertura utilizadas foram: crotalária + milho (1/2 + 1/2), sorgo, crotalária e milho. Em todos os anos agrícolas, onde houve semeadura das culturas de cobertura, uma área foi mantida em pousio.

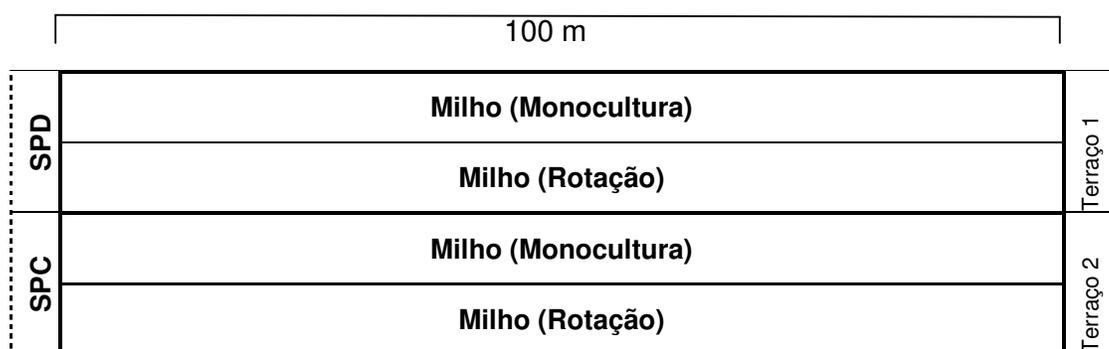


Figura 3. Esquema de divisão das faixas de manejo para as culturas de soja e milho na área experimental. Selvíria (MS), Novembro/2000.

Na Tabela 1 está o histórico de análise de solo da área experimental no período anterior à instalação do experimento. É importante lembrar que as amostragens foram realizadas somente em duas profundidades, sendo de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. Apesar de não ter sido feito a estratificação das camadas de amostragem em quatro profundidades, esse histórico mostra as condições de fertilidade em que o solo se encontrava.

Tabela 1. Histórico de fertilidade do solo na área experimental em duas profundidades, nos dois sistemas de preparos de solo no momento da instalação do experimento, Selvíria (MS), 1999.

Prep	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S.B	T	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc dm ⁻³ -----							%
0-20 cm											
PD	13	23	4,8	1,7	18	6	31	2	25,7	56,7	45
PC	23	23	4,9	1,8	17	11	31	2	29,8	60,8	49
20-40 cm											
PD	9	17	4,9	1,7	17	3	28	2	21,7	49,7	44
PC	12	20	4,5	1,1	14	2	34	5	17,1	51,1	33

3.3. Delineamento experimental

Foi realizada uma análise conjunta dos dados considerando os dois tipos de preparo de solo, e dentro de cada um deles, dois blocos casualizados, com dois fatores: culturas de cobertura (milheto + crotalária, sorgo, crotalária e milheto) + área em pousio e manejo das culturas produtoras de grãos (monocultura e rotação de culturas), segundo um esquema em faixas.

As faixas que constituíam os preparos de solo mediam 20 m de largura x 100 m de comprimento (SPD e SPC); as faixas que constituíam os manejos (rotação ou monocultura) mediam 10 m de largura x 100 m de comprimento e as faixas das coberturas mediam 10 m de largura x 20 m de comprimento. Portanto, cada parcela avaliada possuía 10 m x 20 m e considerou-se como área útil a área central de cada parcela medindo aproximadamente 6 m x 16 m. Com o objetivo de se obter quatro repetições, foram realizadas duas amostragens em cada parcela.

3.4. Condução na safra 2006/2007

Na safra 2006/07 completou-se oito anos que a área estava sobre os manejos descritos. A safra 2006/2007 teve início com a instalação das culturas de cobertura. Para tal foi realizada uma dessecação das plantas daninhas na área

sob SPD 20 dias antes da semeadura, utilizando-se glifosato (480 g L^{-1}) na dose de $1.200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ e 2,4-D (sal dimetilamina - 806 g L^{-1}) na dose de $322,4 \text{ g i.a. ha}^{-1}$. Na área com preparo convencional do solo foram realizadas duas gradagens pesadas seguidas de niveladora. As culturas de cobertura foram semeadas em 16 de outubro de 2006, seguindo o esquema da Figura 2, com espaçamento de 0,34 m entre linhas. Foram utilizados 20 kg ha^{-1} da mistura milho/crotalária na proporção 1:1, com as linhas de plantio alternadas. Para o sorgo e o milho foram utilizados 20 kg ha^{-1} de sementes; para crotalária utilizaram-se 15 sementes por metro e na área em pousio não foi semeada nenhuma cultura após os preparos.

Com aproximadamente 50 dias após o plantio das coberturas, realizou-se o manejo das mesmas com glifosato (480 g L^{-1}) na dose de $1.200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ e 2,4-D (sal dimetilamina - 806 g L^{-1}) na dose de $322,4 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ na área sob SPD e no sistema convencional, novamente uma aração seguida de gradagem niveladora, para uniformizar a área para o plantio.

A semeadura do milho foi realizada conforme esquema da Figura 3, sendo realizada com 20 dias após a dessecação e gradagem da área, no dia 27/12/2006, porém no sistema convencional foi realizada uma gradagem niveladora 10 dias antes do plantio.

Utilizou-se o híbrido simples XB 7116 com 5,4 sementes m^{-1} . As sementes de milho foram tratadas com o inseticida carbofuran (350 g L^{-1}) na dose de $875 \text{ g i.a. } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes. Utilizou-se de semeadora adubadora apropriada para semeadura em área com sistema plantio direto, equipada com hastes no sistema de distribuição do adubo no sulco de semeadura.

A adubação de semeadura no milho foi realizada com 250 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 e aos 20 dias após a emergência, 150 kg ha^{-1} de uréia foi aplicado em cobertura, com implemento apropriado para esta operação em área com sistema plantio direto de cultivo.

Para controle de plantas daninhas foi realizado uma aplicação de atrazine (500 g L^{-1}) na dose de $1.000 \text{ g i.a ha}^{-1}$ e nicosulfuron (40 g L^{-1}) na dose de 20 g i.a ha^{-1} .

3.5. Obtenção dos dados e avaliações

Todas as amostragens para a obtenção de dados foram realizadas na região central de cada parcela, descartados 2 m laterais, sendo assim considerada área útil de cada parcela, as dimensões de 18 x 8 m.

3.5.1. Culturas de cobertura

Com aproximadamente 40 dias da emergência, retiraram-se amostras de massa verde das culturas de cobertura em cada parcela para determinação da matéria seca produzida. Nas parcelas com crotalaria + milheto, crotalária, milheto e sorgo, foi utilizada uma área de amostragem de 0,34 m², incluindo as plantas daninhas presentes. Para a área em pousio utilizou-se um quadrado de metal de 0,25 m² onde foi coletada uma amostra com todo o material presente na área. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante com posterior pesagem e determinação da produção de matéria seca em t ha⁻¹.

3.5.2. Cultura do milho

- **Estado nutricional das plantas:** coletou-se na época do florescimento do milho, uma amostra na área útil de cada parcela, composta pelo terço médio com nervura da folha da base da espiga de 20 plantas, conforme metodologia descrita por Raji et al. (1997). Esse material foi lavado e colocado em sacos de papel para secagem em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 65°C, até atingir massa constante, a seguir foi moído em moinho tipo Willey, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).
- **Altura de plantas:** mediu-se no campo, com auxílio de uma régua apropriada e por ocasião da maturação das plantas, a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha, em amostras de 10 plantas seguidas em duas linhas da área útil das parcelas.

- **Altura da espiga:** simultaneamente a avaliação da altura de plantas, mediuse a altura entre o colo das plantas e a inserção da espiga. Em caso de duas espigas na planta, a leitura foi realizada na base da espiga mais alta.
- **Produção de grãos:** coletaram-se as espigas das plantas contidas em duas linhas com 3 m de comprimento na área útil de cada parcela. Essas espigas foram trilhadas mecanicamente e os grãos obtidos foram pesados e determinando a umidade para correção das pesagens para 13% (base úmida). Posteriormente determinou-se a produção de grãos em kg ha^{-1} .
- **População final e peso médio de 100 grãos:** a população final foi obtida através da contagem de plantas em duas linhas com 3 m de comprimento na área útil de cada parcela e posterior cálculo da população de plantas ha^{-1} . A massa média de 100 grãos foi obtida através da contagem de duas amostras de 100 grãos do material obtido na avaliação da produção de grãos, com posterior pesagem em balança de precisão. Essa avaliação foi feita no mesmo dia da pesagem da produção de grãos, para ajuste da umidade em 13% na base úmida.
- **Avaliação do retorno de matéria seca ao solo:** coletou-se na área útil de cada parcela, a parte aérea das plantas em 1 m de linha. Essas plantas foram colocadas em sacos, levadas ao barracão e após a retirada dos grãos, foram pesadas e calculada a quantidade de matéria seca retornada ao solo após a colheita da cultura.

3.5.3. Caracterização físico-química da área

As amostragens foram realizadas no período de entressafra, após a colheita do milho da safra 2006/07, no mês de maio de 2007.

Primeiramente foi realizada a amostragem para a caracterização física do solo. As amostras foram retiradas nas profundidades de 0,00 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, sendo abertas trincheiras nas entrelinhas de plantio da região central das parcelas. Foram utilizados nesse processo, anéis volumétricos de alumínio que foram identificados e após amostragem, levados ao Laboratório de

Física do Solo da FE/UNESP. As determinações de macroporosidade, microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão e a porosidade total pela somatória de macroporosidade e microporosidade, sendo a densidade do solo determinada através do método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

As amostragens para caracterização química da área foram realizadas na entressafra 06/07 no mês de setembro de 2007. Para essa caracterização foram realizadas amostragens do solo em quatro profundidades diferentes (0,00 - 0,5; 0,5 - 0,10; 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m), sendo que na profundidade de 0,00-0,05 m foram utilizados anéis de alumínio de altura igual a 0,05 m e nas demais profundidades foi utilizado trado de caneco. Dentro de cada parcela foram feitos dois pontos de amostragem, com a retirada de dez amostras simples em cada profundidade dentro de cada ponto, formando uma amostra composta por 20 subamostras para cada profundidade, conforme metodologia descrita por Nicolodi et al. (2002) (Figura 4).

As amostras compostas foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2,0 mm, para determinação do pH e os teores de M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al e Al.

As extrações de cálcio, magnésio, potássio e fósforo disponível, foram realizadas usando resina trocadora de íons (RAIJ; QUAGGIO, 1983). O hidrogênio + alumínio foi determinado por titulometria, usando solução de acetato de cálcio 1,0 N a pH 7,0. O pH foi obtido em solução de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,01M) e o teor de matéria orgânica a partir da combustão úmida com dicromato de potássio. Essas análises foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da FEIS-UNESP. Após a obtenção dos dados, calcularam-se os valores de soma de bases (S), CTC (T) e V%.

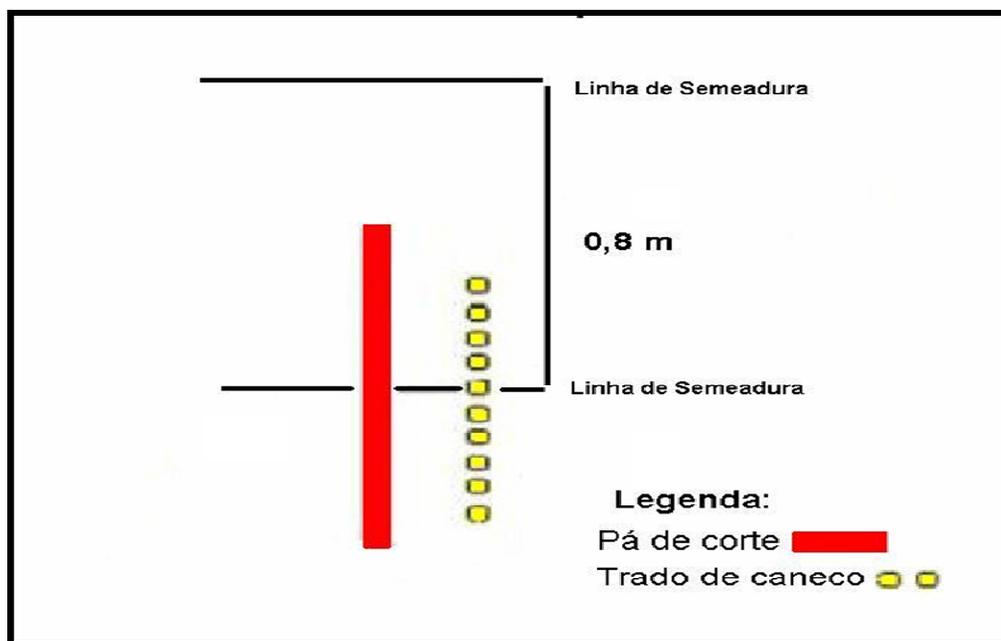


Figura 4. Esquema amostragem de solo para análise de fertilidade, na área experimental, com trado de caneca. Selvíria (MS), Setembro/2007.

3.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dados climáticos no período do experimento

Houve grande variação de temperatura durante o período da safra 2006/2007, sendo a menor média mensal da temperatura mínima registrada de 17,2°C e a maior da temperatura máxima de 34°C; a temperatura média durante a safra foi de 26,4°C (Figura 5).

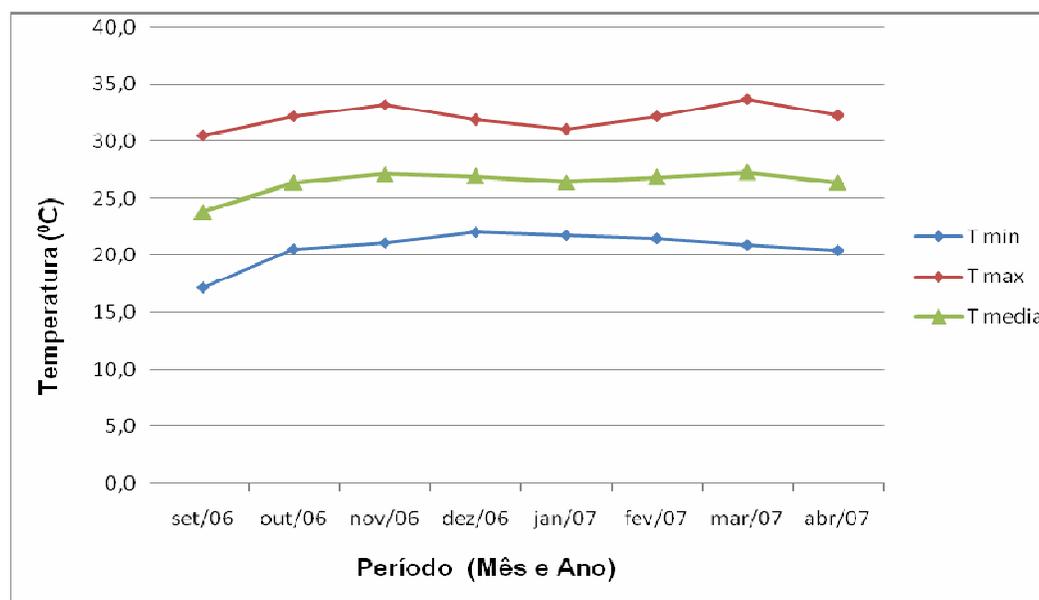


Figura 5. Temperaturas médias mensais máximas, médias e mínimas, no período de condução do experimento (setembro/06 - abril/07), no município de Selvíria - MS.

A precipitação durante o período do experimento teve uma concentração nos meses de dezembro de 2006 e janeiro de 2007. O maior valor de precipitação foi de 429 mm no mês de janeiro e a menor precipitação de 28 mm no mês de abril de 2007. No mês de março de 2007 a precipitação foi de 46 mm, com má distribuição, sendo menor ainda no mês de abril, período esse que coincidiu com a fase final de enchimento de grãos da cultura do milho (Figura 6).

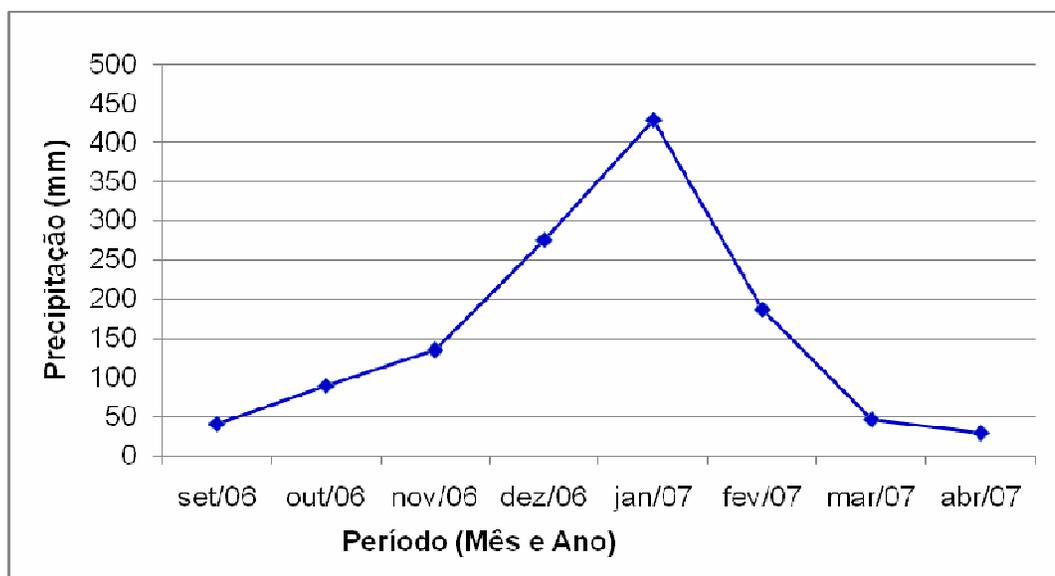


Figura 6. Médias de precipitação do período de condução do experimento (setembro/2006 a abril/2007), no município de Selvíria - MS.

4.2. Matéria seca das culturas de cobertura

Na Tabela 2 está a análise de variância para a produção de matéria seca das culturas de cobertura. Verifica-se que somente houve significância para preparo, cobertura e a interação preparo x cobertura.

Em relação aos sistemas de preparo de solo houve diferença na produção de matéria seca (Tabela 3), apresentando o sistema convencional ($2,1 \text{ t ha}^{-1}$) produção maior em relação ao sistema plantio direto ($1,4 \text{ t ha}^{-1}$). Concordando com essa informação Suzuki e Alves (2006) em trabalho com culturas de cobertura relataram que o preparo convencional produziu maior quantidade de matéria seca em relação ao plantio direto e atribuem esse fato a disponibilidade de nutrientes provenientes da incorporação dos restos da cultura anterior.

Tabela 2. Análise de variância da produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de coberturas. Selvíria - MS, 2006.

Causas de Variação	Matéria Seca
Preparo	36,20 **
Manejo	0,02 ^{ns}
Preparo x Manejo	0,07 ^{ns}
Cobertura	69,23**
Preparo x Cobertura	6,89 **
Manejo x Cobertura	0,38 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	1,63 ^{ns}
CV %	17,2

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade, **Significativo ao nível de 1% de probabilidade
^{ns} Não significativo.

O plantio direto propicia ambiente favorável ao estabelecimento das culturas de sucessão e, conseqüentemente, maior produção de biomassa (THEISEN; VIDAL, 1999, ALVARENGA et al., 2001). Sob condições de baixa precipitação, o sistema de plantio direto é mais eficiente na manutenção da umidade disponível do solo, principalmente, em virtude da permanência de palhada na superfície (SANTOS et al., 1995).

Com relação às coberturas, na Tabela 3 observa-se que o sorgo, o pousio e o milho resultaram em maior produção de matéria seca entre as culturas de cobertura de solo, sendo $2,4\ t\ ha^{-1}$; $2,3\ t\ ha^{-1}$ e $2,2\ t\ ha^{-1}$ respectivamente. A produção de massa seca do milho pode variar de 4 a $5\ t\ ha^{-1}$ conforme descrito por Pitol et al. (1996). França e Madureira (1989), em área de cerrado, sem adubação, produziram $4,5\ t\ ha^{-1}$ de matéria seca de milho.

Bertin et al. (2003) verificaram produção de massa seca do milho e crotalaria de $3,9\ t\ ha^{-1}$ e $3,1\ t\ ha^{-1}$ respectivamente, com semeadura no início de setembro, na região de Jaboticabal (SP), e coleta aos 90 dias da semeadura. Os autores relatam ainda que no pousio, com o início das chuvas, tem-se rápido estabelecimento e desenvolvimento das plantas daninhas, formando-se, visualmente, uma densa cobertura vegetal, o que proporciona às áreas de pousio uma produção de matéria seca semelhante às demais coberturas de solo.

Entre os sistemas de manejo, que se constituíram de rotação de culturas e monocultura, não houve diferença significativa entre a produção de matéria seca pelas culturas de cobertura como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Médias de produção de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de coberturas, Selvíria - MS, 2006.

Tratamentos	Matéria Seca
PD	1,49
PC	2,17
Monocultura	1,82
Rotação	1,83
Crotalária + Milheto	0,64
Crotalária	1,53
Milheto	2,24
Pousio	2,34
Sorgo	2,40

No desdobramento da interação preparo x cobertura (Tabela 4), o consórcio crotalária + milheto obteve as menores produções de matéria seca em ambos os sistemas de preparo de solo. Milheto, pousio e sorgo são os maiores em produção de matéria seca dentro dos sistemas de preparo de solo. Na comparação de cada cobertura entre os preparos, o milheto e o sorgo, foram superiores dentro de preparo convencional, tendo valores inferiores em todos os sistemas de preparo o consórcio crotalária+milheto.

Suzuki e Alves (2006) relataram resultados semelhantes onde as plantas de cobertura têm maior produção de massa seca no sistema de preparo convencional, fato esse atribuído á incorporação dos restos culturais no ato do preparo do solo e como consequência á disponibilização de nutrientes as plantas. Já Carvalho et al. (2004) em trabalho com adubos verdes e diferentes sistemas de preparo do solo, não observou diferença significativa entre o preparo de solo convencional e direto na produção de massa seca dos adubos verdes utilizados.

As médias de matéria seca do presente trabalho mantiveram-se abaixo de $6,0\ t\ ha^{-1}$, quantidade essa que Alvarenga et al. (2001), descrevem como a

quantidade adequada de resíduos que proporciona boa taxa de cobertura do solo. As culturas de cobertura tiveram baixa produção de fitomassa, provavelmente, em virtude do período de semeadura não ser favorável ao seu desenvolvimento. Esse fato também foi relatado por Sodré Filho et al. (2004), trabalhando com aveia preta e crotalária como culturas de cobertura.

Tabela 4. Desdobramento da intera o: preparo x cobertura, significativa para produ o de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das culturas de cobertura. Selvíria - MS, 2006.

Prep./Cobert.	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	0,77 c	1,70 b	2,66 Aa	2,61 a	3,11 Aa
PD	0,50 c	1,36 b	1,82 Bab	2,08 a	1,68 Bab

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.3. Atributos físicos do solo

A macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo na camada de 0,0 - 0,10 m, não foram influenciadas isoladamente por nenhum dos tratamentos (Tabela 5). Silveira Neto et al. (2006) em trabalho com diferentes preparos de solo e rota o de culturas, também não observaram influência dos tratamentos sob as propriedades físicas do solo na camada de 0,0 - 0,10 m.

Segundo Ribon (2000), os sistemas de manejo utilizados podem causar altera es nas características físicas do solo, tais como: redu o da densidade do solo e aumento da sua macroporosidade. Cassol e Anghinoni (1995) já relatam em seu trabalho que não houve diferença significativa na densidade do solo após 4 anos de cultivos sob plantio direto e convencional. As plantas de cobertura podem melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, a médio e longo prazo, além de diminuir o processo erosivo (COR  et al., 1995). A mucuna preta e lab-lab como coberturas verdes não tiveram interferência nas características de macro, micro, porosidade total e densidade do solo conforme Arf et al. (1999).

Conforme sugerido por Taylor e Aschcroft (1972), o valor ideal de macroporos para os solos está em torno de 1/3 do volume total de poros. Assim

os valores observados no presente trabalho se aproximam da faixa ideal. Baver et al. (1972) mencionam que o valor mínimo de macroporosidade para não prejudicar o sistema radicular e a aeração do solo é o equivalente a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Nos sistemas de preparo de solo (Tabela 5) apesar de não existir diferença estatística entre os mesmos, houve uma tendência de macro, micro e porosidade total com maiores valores no sistema convencional de preparo de solo e menores valores de densidade. O sistema convencional de preparo de solo proporciona um aumento na porosidade total e redução da densidade do solo devido ao incremento do volume de macroporos (MARCIANO, 1999, ALMEIDA, 2001).

A tendência de diminuição de densidade no sistema convencional de preparo é também relatada por Kiehl (1979), destacando que a aração seguida da gradagem com um teor ótimo de umidade, contribui para a formação de agregados e conseqüentemente diminuição da densidade do solo.

Os valores médios da densidade do solo neste trabalho estão acima dos considerados naturais para os solos argilosos, que é de $1,00 - 1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ (KIEHL, 1979).

A interação sistemas de preparo x culturas de cobertura (Tabela 6) foi significativa para microporosidade na camada de $0,00 - 0,10 \text{ m}$. Os maiores valores de microporosidade foram para o sorgo dentro de sistema convencional de preparo do solo. Na comparação entre os sistemas de preparo do solo, novamente o sorgo apresentou maiores valores quando se utilizou o sistema convencional.

Resultados contrários foram descritos por Moreti (2002), onde os diferentes preparos de solo e culturas de cobertura não influenciaram a microporosidade em nenhuma das camadas estudadas. De acordo com Alves (2001) a microporosidade e a porosidade total se alteram à medida que a macroporosidade se modifica.

Tabela 5. Médias e coeficientes de variação para macro ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), micro ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e densidade (Mg m^{-3}) na profundidade de 0,0 - 0,10 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade
PD	0,1123	0,2828	0,3951	1,51
PC	0,1283	0,3036	0,4319	1,47
Monocultura	0,1146	0,2964	0,4111	1,50
Rotação	0,1260	0,2899	0,4160	1,48
Crot+Milheto	0,1248	0,2981	0,4230	1,45
Crotalária	0,1221	0,2903	0,4124	1,48
Milheto	0,1519	0,2794	0,4313	1,44
Pousio	0,0933	0,2928	0,3861	1,58
Sorgo	0,1095	0,3053	0,4148	1,50
CV(%)	15,23	9,76	9,03	6,88

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Desdobramento da interação sistemas de preparo x cultura de cobertura, significativa para microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) na profundidade de 0,0 - 0,10 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	0,3080 ab	0,2880 b	0,2820 b	0,3050 ab	0,3330 Aa
PD	0,2880	0,2920	0,2760	0,2800	0,2760 B

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na profundidade de 0,10 - 0,20 m, a macroporosidade somente foi influenciada pelos manejos utilizados, com seus maiores valores na rotação de culturas (Tabela 7).

Os diferentes sistemas de rotação de culturas afetaram a densidade, a porosidade total e a macroporosidade do solo apenas na camada de 0,0 - 0,10 m em trabalho de Stone e Guimarães (2005). Os autores relatam ainda em seu trabalho que a macroporosidade apresentou maior valor no sistema de rotação de culturas, dado esse que concorda com o obtido no presente trabalho.

A porosidade total foi influenciada pelas diferentes culturas de cobertura, onde só houve diferença entre crotalária+milheto e o pousio (Tabela 7). Moreti (2002) não observou efeito significativo entre os diferentes sistemas de preparo de solo e culturas de cobertura nas propriedades físicas do solo. Apesar de não existir a comparação estatística entre as diferentes profundidades, observa-se que houve uma redução de macro, micro e porosidade total na camada de 0,10 - 0,20 m em relação à camada de 0,00 - 0,10 m.

Para solos argilosos como no caso do presente experimento, o valor crítico para o mesmo ser considerado compactado é de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ (BOWEN, 1981). Na camada de 0,10 - 0,20 m quase todos os valores ultrapassam essa faixa crítica. Albuquerque et al. (2001) encontraram resultados semelhantes onde a camada de 0,10 - 0,20 m, apresentou valores acima dessa faixa. Diante desse fato pode-se levantar a hipótese de que essa camada compactada já existia na área antes da implantação do experimento.

A interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura foi significativa para microporosidade na camada de 0,10 - 0,20 m (Tabela 8). Para microporosidade dentro dos sistemas de preparo, as culturas de cobertura não apresentaram diferença significativa. Na comparação entre os sistemas de preparo do solo, verificou-se apenas diferença significativa na presença das culturas de cobertura crotalária e o sorgo, destacando-se o sistema convencional com maior valor.

Na camada de 0,20 - 0,40 m, a macroporosidade mostrou ter efeitos dos sistemas de preparo do solo, sendo os maiores valores para SPC (Tabela 9). O sistema de manejo também afetou a macroporosidade, onde a rotação de culturas teve os maiores valores de macroporosidade. Já as culturas de cobertura não tiveram efeito significativo sobre a macroporosidade para esta camada.

Tabela 7. Médias e coeficientes de variação para macro ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), micro ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e densidade (Mg m^{-3}) na profundidade de 0,10 - 0,20 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade
PD	0,0799	0,2876	0,3678	1,56
PC	0,0654	0,3147	0,3805	1,61
Monocultura	0,0641 b	0,3066	0,3712	1,60
Rotação	0,0811 a	0,2960	0,3772	1,57
Crot+Milheto	0,0838	0,3065	0,3914 a	1,53
Crotalária	0,0739	0,3008	0,3747 ab	1,61
Milheto	0,0656	0,3031	0,3688 ab	1,60
Pousio	0,0684	0,2926	0,3611 b	1,59
Sorgo	0,0715	0,3034	0,3750 ab	1,59
CV%	24,86	4,93	4,48	2,96

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey

Tabela 8. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura, significativa para microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) na camada de 0,10 - 0,20 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	0,320	0,316 A	0,313	0,305	0,317 A
PD	0,292	0,284 B	0,293	0,280	0,289 B

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

A microporosidade e a porosidade total do solo não foram influenciadas por nenhum dos tratamentos na camada de 0,20-0,40 m (Tabela 9), porém os valores estão dentro da faixa considerada ideal para solos de cerrado, conforme relatado por Campos (2006).

A densidade somente foi influenciada pelas diferentes culturas de cobertura, sendo que a mistura crotalária+milheto teve os valores mais baixos de densidade, sendo melhor que a crotalária e o milho, porém se igualando ao

pousio e sorgo. Os valores de densidade da camada de 0,20 a 0,40 m estão abaixo da faixa considerada crítica para solos argilosos ($1,55 \text{ Mg m}^{-3}$) conforme descrito por Bowen (1981).

Tabela 9. Médias e coeficientes de variação para macro ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), micro ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) e densidade (Mg m^{-3}) na profundidade de 0,20 - 0,40 m, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade
PD	0,0889	0,3165	0,4305	1,45
PC	0,1145	0,3160	0,4055	1,46
Monocultura	0,8730 b	0,3246	0,4120	1,46
Rotação	0,1161 a	0,3079	0,4241	1,44
Crot+Milheto	0,1102	0,3140	0,4242	1,43
Crotalária	0,0928	0,3178	0,4107	1,47
Milheto	0,0919	0,3217	0,4136	1,48
Pousio	0,1038	0,3113	0,4151	1,45
Sorgo	0,1099	0,3165	0,4264	1,44

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

O desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura significativa para a densidade do solo na camada de 0,20 a 0,40 m está na Tabela 10. Dentro dos sistemas de preparo o maior valor de densidade foi obtido em área com milho em SPC. Na comparação entre sistemas de preparo, somente ocorreu diferença significativa na área com milho destacando-se o sistema convencional com maior valor. Todos os valores de densidade na camada de 0,20-0,40 estão abaixo da faixa crítica ($1,55 \text{ Mg m}^{-3}$) para solos argilosos conforme Bowen (1981).

Apesar dos valores médios de densidade não terem uma ampla faixa de variação, o efeito benéfico da rotação de culturas, bem como de culturas de cobertura em propriedades físicas do solo é fato já descrito por vários autores (NUERNBERG et al., 1986, MEDEIROS et al., 1987, CATTELAN et al., 1997).

Tabela 10. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura, significativa para densidade do solo (Mg m^{-3}), na profundidade de 0,20 - 0,40 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	1,41 c	1,49 ab	1,51 Aa	1,44 bc	1,45 bc
PD	1,45	1,44	1,45 B	1,47	1,43

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.4. Atributos químicos do solo

Nas Tabelas 11, 12, 13 e 14 encontram-se os valores de F e CV (%) para as propriedades químicas do solo amostrado nas profundidades de 0,0 - 0,05 m; 0,05 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, respectivamente. Lembrando que esses valores foram transformados em raiz de X, para uma maior uniformidade da análise de variância.

Nas Tabelas 15, 16, 17 e 18 encontram-se os valores médios e o teste de Tukey para pH (CaCl_2), teores de fósforo (P), matéria orgânica (M.O), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H + Al), alumínio trocável (Al) e enxofre (S) e soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), para as camadas de 0,0 - 0,05 m; 0,05 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, em função dos sistemas de preparo do solo (SPD e SPC), manejos (rotação e monocultura), quatro culturas de cobertura e uma área em pousio.

Se comparar os valores da Tabela 1 com os valores encontrados nas diferentes camadas do solo (Tabelas 15, 16, 17 e 18), observa-se diminuição dos teores da maioria dos atributos químicos do solo após a implantação do experimento, com exceção do pH que manteve seus valores e o Mg que mostrou elevação de seus teores após a implantação dos manejos.

Tabela 11. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,00-0,05 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007.

Causas de Variação	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
Preparo	20,09*	240,77 **	45,22*	0,04 ^{ns}	2,76 ^{ns}	22,63*	1,26 ^{ns}	139,61**	8,62 ^{ns}	3,10 ^{ns}	7,22 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Manejo	1,84 ^{ns}	1,69 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}	3,45 ^{ns}	0,80 ^{ns}	4,44 ^{ns}	41,32*	1,70 ^{ns}	2,60 ^{ns}	1,10 ^{ns}	9,50 ^{ns}
Preparo x Manejo	0,33 ^{ns}	5,11 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,64 ^{ns}	21,76*	0,20 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Cobertura	0,49 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,42 ^{ns}	2,77 ^{ns}	2,27 ^{ns}	2,77 ^{ns}	3,28 ^{ns}	1,74 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,01 ^{ns}	3,79 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Preparo x Cobertura	0,34 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,13 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Manejo x Cobertura	3,00 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,37 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	1,10 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,51 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,61 ^{ns}
CV %	10,63	12,96	1,33	9,06	21,08	20,18	6,29	43,29	16,48	7,93	9,32	18,66

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Dados transformados em raiz de X.

Tabela 12. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,05-0,10 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007.

Causas de Variação	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
Preparo	0,20 ^{ns}	0,41 ^{ns}	84,59*	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Manejo	0,70 ^{ns}	74,70 *	1,18 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,78 ^{ns}	16,67*	0,45 ^{ns}	1,34 ^{ns}	5,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}	6,71 ^{ns}
Preparo x Manejo	0,85 ^{ns}	20,32 *	12,35 ^{ns}	3,93 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,53 ^{ns}	6,98 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Cobertura	1,62 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,32 ^{ns}	3,53 ^{ns}	3,42 ^{ns}	0,74 ^{ns}	2,75 ^{ns}	4,40 *	0,24 ^{ns}	3,20*	0,27 ^{ns}
Preparo x Cobertura	1,42 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Manejo x Cobertura	0,37 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,17 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	0,52 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,67 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,80 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,01 ^{ns}
CV %	25,60	11,30	2,05	9,13	16,06	10,49	7,15	26,86	11,07	5,42	8,86	23,81

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Dados transformados em raiz de X.

Tabela 13. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,10-0,20 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007.

Causas de Variação	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
Preparo	0,42 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,44 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	5,57 ^{ns}
Manejo	0,41 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	11,24 ^{ns}
Preparo x Manejo	1,00 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,67 ^{ns}
Cobertura	3,14 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,18 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,56 ^{ns}	3,50 ^{ns}
Preparo x Cobertura	0,46 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Manejo x Cobertura	3,19 ^{ns}	2,00 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,06 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	0,90 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,01 ^{ns}	3,96 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,52 ^{ns}	3,73 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,20 ^{ns}
CV %	12,40	8,37	1,84	14,07	12,14	12,86	18,55	21,76	10,40	14,63	9,17	45,15

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Dados transformados em raiz de X.

Tabela 14. Valores de F e coeficientes de variação obtidos na análise de variância dos teores de P (mg dm^{-3}), M.O (g dm^{-3}), valores de pH (CaCl_2), teores de K, Ca, Mg, H + Al e S (mg dm^{-3}) e valores de SB, CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$), V (%), na camada de 0,20-0,40 m, em função dos diferentes tratamentos utilizados. Selvíria - MS, 2007.

Causas de Variação	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
Preparo	0,08 ^{ns}	5,82 ^{ns}	9,71 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,92 ^{ns}	6,62 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,68 ^{ns}	0,96 ^{ns}	19,38*
Manejo	1,01 ^{ns}	189,85**	0,00 ^{ns}	5,37 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,51 ^{ns}	3,67 ^{ns}
Preparo x Manejo	0,17 ^{ns}	12,11 ^{ns}	0,24 ^{ns}	4,15 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,24 ^{ns}	13,25 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,91 ^{ns}	2,66 ^{ns}
Cobertura	0,34 ^{ns}	2,17 ^{ns}	2,69 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,84 ^{ns}	3,26 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,97 ^{ns}
Preparo x Cobertura	0,88 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,83 ^{ns}	3,42 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,78 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Manejo x Cobertura	0,85 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,55 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,51 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	0,80 ^{ns}	2,48 ^{ns}	5,09 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV %	13,64	12,41	1,06	11,11	24,16	15,64	9,59	42,79	16,79	10,92	10,48	20,25

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Dados transformados em raiz de X.

Tabela 15. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,0 - 0,05 m. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmolc.dm ⁻³ -----					%	mg.dm ⁻³		
PD	8,6 a	17,2 a	4,9 a	3,5 a	10,9 a	9,7 a	23,4 a	0,5 b	24,2 a	47,6 a	38,5 a	4,0 a
PC	18,1 a	15,3 b	4,4 b	3,4 a	7,7 a	5,4 b	25,5 a	1,5 a	16,7 a	42,2 a	49,8 a	3,5 a
Monocultura	10,9 a	16,6 a	4,7 a	3,5 a	7,5 a	7,3 a	23,5 a	0,45 a	18,5 a	41,9 a	42,3 a	2,7 a
Rotação	15,9 a	15,9 a	4,7 a	3,3 a	11,1 a	7,8 a	25,4 a	1,1 b	22,4 a	47,9 a	46,0 a	4,8 a
Crot/Milheto	12,6 a	16,6 a	4,7 a	3,2 a	8,8 a	7,3 a	27,0 a	1,0 a	19,5 a	46,6 a	41,1 a	3,1 a
Crotalária	12,7 a	17,0 a	4,5 a	3,0 a	7,0 a	5,6 a	26,5 a	1,1 a	15,8 a	42,1 a	35,8 a	5,5 a
Milheto	13,3 a	16,8 a	4,7 a	4,0 a	10,5 a	9,3 a	22,7 a	0,5 a	23,8 a	46,5 a	50,0 a	3,5 a
Pousio	13,5 a	15,0 a	4,8 a	3,5 a	11,5 a	7,8 a	20,7 a	0,5 a	23,0 a	43,8 a	50,6 a	3,2 a
Sorgo	14,7 a	15,8 a	4,7 a	3,3 a	9,0 a	7,7 a	25,3 a	0,7 a	20,1 a	45,5 a	43,3 a	3,3 a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 16. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,05 - 0,10 m. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c .dm ⁻³ -----					%	mg.dm ⁻³		
PD	17,9 a	15,6 a	4,7 a	1,9 a	8,3 a	6,6 a	29,2 a	1,4 a	15,6 a	46,1 a	36,5 a	3,0 a
PC	18,8 a	14,7 a	4,3 b	2,0 a	8,3 a	5,1 a	26,0 a	2,1 a	16,9 a	41,5 a	37,1 a	3,4 a
Monocultura	16,0 a	17,4 a	4,5 a	2,0 a	6,6 a	5,5 a	25,3 b	1,4 a	14,2 a	39,5 a	36,1 a	2,6 a
Rotação	20,7 a	13,0 b	4,5 a	1,8 a	10,0 a	6,2 a	30,0 a	2,2 a	18,3 a	48,0 a	37,5 a	3,9 a
Crot/Milheto	21,2 a	16,0 a	4,5 a	1,9 a	8,1 ab	6,0 a	30,0 a	2,0 a	16,0 ab	46,1 a	34,2 ab	4,2 a
Crotalária	19,3 a	14,1 a	4,4 a	1,7 a	6,0 b	4,5 a	30,7 a	3,0 a	12,3 b	43,1 a	28,6 b	3,1 a
Milheto	19,1 a	15,0 a	4,6 a	2,0 a	7,7 ab	6,2 a	25,8 a	1,3 a	16,1 ab	41,8 a	37,6 ab	3,2 a
Pousio	16,6 a	15,2 a	4,6 a	2,2 a	11,1 a	6,8 a	24,3 a	0,6 a	20,3 a	44,3 a	45,2 a	2,6 a
Sorgo	15,3 a	15,6 a	4,4 a	1,9 a	8,6 ab	5,7 a	27,2 a	2,0 a	16,3 ab	43,5 a	38,5 ab	3,0 a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 17. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC e V% no solo em função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,10 a 0,20 m. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c .dm ⁻³ -----					%	mg.dm ⁻³		
PD	16,8 a	12,0 a	4,6 a	1,3 a	7,5 a	5,7 a	25,7 a	1,8 a	14,6 a	40,3 a	35,9 a	5,9 a
PC	15,0 a	11,8 a	4,3 a	1,4 a	7,6 a	4,4 a	25,9 a	2,7 a	13,4 a	39,3 a	34,4 a	23,7 a
Monocultura	15,1 a	12,9 a	4,4 a	1,3 a	6,5 a	4,9 a	25,2 a	1,7 a	12,8 a	37,9 a	34,1 a	4,9 b
Rotação	16,7 a	10,9 a	4,4 a	1,4 a	8,6 a	5,2 a	26,5 a	2,8 a	15,2 a	41,7 a	36,2 a	24,6 a
Crot/Milheto	21,2 a	13,7 a	4,4 a	1,5 a	9,0 a	6,1 a	28,3 a	2,6 a	16,6 a	44,8 a	37,1 a	26,0 a
Crotalária	13,7 a	11,0 a	4,3 a	1,3 a	6,6 a	4,3 a	28,5 a	3,1 a	12,3 a	40,7 a	29,7 a	11,5 b
Milheto	14,0 a	11,7 a	4,5 a	1,3 a	7,2 a	5,1 a	22,5 a	1,3 a	13,6 a	36,1 a	37,6 a	11,7 b
Pousio	15,0 a	11,3 a	4,6 a	1,3 a	6,7 a	4,6 a	24,5 a	1,5 a	12,7 a	37,2 a	33,6 a	8,2 b
Sorgo	15,7 a	12,1 a	4,3 a	1,4 a	8,2 a	5,1 a	25,3 a	2,7 a	14,7 a	40,1 a	37,7 a	16,5 ab

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 18. Valores médios para os teores de P, M.O, K, Ca, Mg, H + Al, Al e S e pH, SB, CTC, V% no solo função dos diferentes tratamentos, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	S
	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c .dm ⁻³ -----					%	mg.dm ⁻³		
PD	3,7 a	11,4 a	4,8 a	0,92 a	5,6 a	4,7 a	18,8 a	0,70 a	11,4 a	30,2 a	36,7 a	13,9 a
PC	4,3 a	7,9 b	4,4 a	0,87 a	6,2 a	4,2 a	22,7 a	1,55 a	11,4 a	34,0 a	33,0 a	27,7 a
Monocultura	3,2 a	11,9 a	4,6 a	0,8 a	4,8 a	4,4 a	20,5 a	1,05 a	10,2 a	30,5 a	33,3 a	25,8 a
Rotação	4,8 a	7,4 b	4,6 a	0,9 a	7,0 a	4,5 a	21,1 a	1,2 a	12,7 a	33,7 a	36,4 a	15,8 a
Crot/Milheto	3,7 a	9,3 a	4,6 a	0,9 a	4,7 a	4,3 a	20,3 a	1,0 a	10,2 a	30,3 a	33,2 a	19,3 a
Crotalária	4,1 a	11,8 a	4,5 a	0,9 a	6,8 a	5,1 a	21,5 a	1,5 a	13,0 a	34,2 a	35,7 a	29,2 a
Milheto	3,8 a	8,8 a	4,7 a	0,8 a	5,8 a	4,3 a	18,7 a	0,75 a	11,3 a	29,8 a	36,6 a	18,7 a
Pousio	4,1 a	7,6 a	4,8 a	0,8 a	5,6 a	4,0 a	22,2 a	0,50 a	10,6 a	32,8 a	32,6 a	16,6 a
Sorgo	4,1 a	10,6 a	4,6 a	0,9 a	6,5 a	4,5 a	21,1 a	1,8 a	12,0 a	33,1 a	36,1 a	20,1 a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.4.1. Fósforo

Os teores de fósforo na camada de 0,00-0,05 m não foram influenciados pelos tratamentos. Os mesmos podem ser considerados baixos (7-15 mg dm⁻³) conforme descrito em Raij et al. (1997), Muraishi (2006) encontrou resultados semelhantes onde os diferentes preparos de solo não influenciaram os teores de P na camada de 0,00 a 0,05 m (Tabela 15).

Na Tabela 16 estão os valores médios das características químicas do solo para a camada de 0,05-0,10 m. Não existem diferenças significativas para os teores de fósforo, que podem ser considerados médios (16-40 mg dm⁻³) conforme Raij et al. (1997).

Na camada de 0,10-0,20 m não se observa diferenças referentes aos teores de P (Tabela 17) proporcionadas pelos tratamentos. A maioria dos teores se enquadra na faixa considerada média (16-40 mg.dm⁻³).

Na camada de 0,20-0,40 m não existem diferenças significativas para os teores de P (Tabela 18). Os valores estão na faixa considerada muito baixa (0-6 mg dm⁻³). O P é um elemento de pouca mobilidade no solo, cuja baixa disponibilidade nos solos altamente intemperizados é um fator agrônomo limitante bem conhecido (SOUSA et al., 2004). Os teores de P na solução dos solos da região dos Cerrados são geralmente muito baixos, e existe uma alta capacidade de adsorção do fosfato pela fração argila, principalmente os óxidos de ferro e alumínio.

Devido a sua baixa mobilidade e com a adoção do SPD, a aplicação de P é feita no sulco de plantio a uma profundidade entre 5 e 10 cm (SOUSA et al., 2004), aliado ao fato do não revolvimento do solo sob SPD, pode justificar essa maior concentração nas camadas superiores. Concordando com essa informação, Carvalho (2000) também encontrou uma maior concentração de P nas camadas superiores em área agrícola com 5 anos de cultivo, sendo 3 sob SPD.

4.4.2. Matéria orgânica

A matéria orgânica na camada de 0,0 - 0,05 m foi influenciada pelos sistemas de preparo de solo, com o SPD proporcionando maior teor.

Almeida (2001) também verificou aumento significativo de M.O. entre o plantio direto (26,7 g dm⁻³) e convencional (22,7 g dm⁻³), com redução dos teores em profundidade. A deposição de material vegetal na superfície do solo através da palhada formada pelo plantio direto tem grande influência nos teores de M.O encontrados nas camadas superficiais.

Na camada de 0,05 - 0,10 m, o teor de M.O foi influenciado pelo manejo, onde a monocultura proporcionou o maior teor. Conforme Lopes e Cox (1977) teores de M.O de 16-30 mg dm⁻³ podem ser considerados médios. A interação sistemas de preparo x manejo foi significativa, estando na Tabela 19 o desdobramento desta interação. Na comparação entre os sistemas de preparo do solo, não houve diferença significativa, no entanto, na comparação dentro de sistemas de preparo, a monocultura proporcionou maior valor de M.O somente no sistema plantio direto.

Para a camada de 0,10-0,20 m não houve influência dos tratamentos. Analisando-se os teores de M.O obtidos nessa camada, os mesmos podem ser considerados baixos (0,0-15 mg dm⁻³) conforme descrito por Lopes e Cox (1977).

Tabela 19. Desdobramento da interação sistema de preparo do solo x manejo, para o teor de M.O (g dm⁻³) no solo, na camada de 0,05 a 0,10 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Manejo	Monocultura	Rotação
PC	15,8	13,7
PD	19,3 a	12,3 b

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Para a camada 0,20-0,40 m, os manejos influenciaram os teores de M.O, onde a monocultura novamente proporcionou o maior teor no solo (11,9 g dm⁻³), porém, os teores nessa camada podem ser considerados baixos. Houve ainda interação significativa sistemas de preparo x culturas de cobertura para essa camada (Tabela 20). Na comparação entre os sistemas de preparo, apenas quando a cultura de cobertura foi a crotalária é que houve diferença significativa, onde o sistema plantio direto proporcionou maior teor. Dentro dos sistemas de

preparo do solo, somente no sistema plantio direto é que se observou diferença significativa entre as culturas de cobertura, destacando-se a crotalária com maior valor, diferindo significativamente apenas da área em pousio.

A quantidade de matéria seca deixada no solo após o monocultivo de milho é muito superior à soja, o que pode incrementar os teores de M.O. como ocorreu nesse caso. No entanto, a rotação de culturas tem papel importante na ciclagem de nutrientes. As espécies vegetais diferem entre si no tocante à quantidade de resíduos fornecidos, eficiência de absorção de íons e a exploração das diferentes profundidades do solo.

Tabela 20. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura, para o teor de M.O. (g dm^{-3}) no solo, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	8,7	7,5 B	7,0	6,7	9,7
PD	10,0 ab	16,2 Aa	10,7 ab	8,5 b	11,5 ab

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Observa-se que houve uma diminuição dos teores de M.O. em profundidade (0,20-0,40 m). A manutenção do teor de M.O. em valores mais elevados, apenas na camada superficial do solo, decorre do acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo sob SPD e pela não incorporação física destes através do revolvimento do solo, o que diminui a taxa de mineralização (MUZILLI, 1983).

A interação sistemas de preparo do solo x manejo foi significativa para o teor de M.O. na camada de 0,20 a 0,40 m, onde a monocultura proporcionou maior teor em ambos os sistemas de preparo, bem como o sistema plantio direto também proporcionou aumento no teor de M.O. em ambos os sistemas de manejo (Tabela 21).

Tabela 21. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x manejo, para os teores de M.O. (g dm^{-3}) no solo, na camada de 0,20 a 0,40 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Manejos	Monocultura	Rotação
PC	9,5 Ba	6,4 Bb
PD	14,4 Aa	8,4 Ab

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.4.3. Acidez (pH em CaCl_2)

Na camada superficial (0,0 - 0,05 m), o pH foi influenciado somente pelos preparos de solo (Tabela 15), onde o maior valor foi proporcionado pelo SPD. Houve ainda a interação significativa entre sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura (Tabela 22), onde se verifica que na comparação entre sistemas de preparo, apenas na área em pousio obteve-se diferença significativa, destacando-se o SPD com maior valor.

O pH foi influenciado pelos sistemas de preparo de solo na profundidade de 0,05 - 0,10 m. O SPD novamente proporcionou o maior valor. Conforme Lopes e Cox (1977), os valores de pH aqui encontrados são considerados baixos. Resultados contrários são descritos por Moreti (2002), onde o pH não foi influenciado pelos sistemas de preparo de solo para essa camada.

Nas camadas de 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, não houve influência de nenhum dos tratamentos e os valores de pH mantiveram-se na faixa de 4,5. Segundo Kiehl (1979), em valores de pH abaixo de 5,0 haverá deficiência de P, Ca, Mg, Mo, B ou toxidez de Al, Mn, Zn e outros metais pesados, devido as suas maiores solubilidades.

Os valores de pH encontrados são próximos aos verificados por Guimarães (2000) que também trabalhou com coberturas de solo. Segundo o autor, as exsudações ácidas das raízes das plantas, principalmente crotalária e o milho atuam diretamente no pH do solo.

Tabela 22. Desdobramento da interação sistemas de preparo x culturas de cobertura para valores de pH (CaCl_2) na camada de 0,0 a 0,05 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	4,4	4,4	4,5	4,5 B	4,5
PD	5,0	4,7	4,9	5,2 A	4,9

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.4.4. Potássio (K)

Os teores de K não foram influenciados por nenhum dos tratamentos na profundidade de 0,0 - 0,5 m. Conforme RAIJ et al. (1997) esses teores podem ser considerados altos ($3,1-6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Moreti (2002) observou que os sistemas de preparo do solo e os diferentes adubos utilizados não influenciaram os teores de K na camada de 0,0 - 0,10 m. Muraishi (2006) também relata que o preparo de solo não interfere nos teores de K na camada superficial.

Os teores de K não foram diferentes estatisticamente na camada de 0,05 - 0,10 m e são considerados médios ($1,6-3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) conforme Raij et al. (1997). Observa-se uma diminuição do teor desse elemento em relação à camada superior.

Na camada de 0,10 - 0,20 m nenhum tratamento influenciou os teores de K no solo e os mesmos podem ser considerados baixos ($0,8 - 1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O mesmo comportamento é observado para a camada de 0,20 - 0,40 m, onde os teores estão baixos. Houve assim uma diminuição dos teores de K com o aumento da profundidade. Moreti (2002) também observou uma redução de K em profundidade quando trabalhou com diferentes sistemas de preparos e culturas de cobertura.

4.4.5. Cálcio

Para os teores de Ca não houve influência dos tratamentos na camada de 0,0 - 0,05 m. De acordo com a classificação de RAIJ et al. (1997) os teores de Ca, podem ser considerados altos ($>7,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Na camada de 0,05 - 0,10 m, os teores de Ca foram influenciados significativamente pelas culturas de cobertura, destacando-se a área em pousio com maior teor, diferenciando apenas da área com crotalária.

Para as camadas de 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, o teor de Ca não foi influenciado pelos tratamentos e ocorreu uma diminuição do teor do elemento ao longo do perfil. Assim, nas duas camadas inferiores o teor de Ca pode ser considerado médio (4,0-7,0 mmol_c dm⁻³). Sampaio (1987) também constatou maior concentração de Ca nas camadas superiores do solo.

4.4.6. Magnésio

Para os teores de magnésio na camada de 0,0 – 0,05 m só houve influência dos sistemas de preparo do solo, onde o SPD proporcionou o maior teor (9,7 mmol_c dm⁻³). O teor nessa camada inicial é maior do que nas camadas inferiores. Esses teores podem ser considerados médios (5,0-8,0 mmol_c dm⁻³) conforme Raij et al. (1997). A maior concentração de magnésio nas camadas superficiais do solo, também é relatada por Carvalho (2000).

Para a camada de 0,05-0,10 m não houve diferença significativa. Moreti (2002) também não encontrou efeito de preparo de solo e adubos verdes sobre o teor de magnésio. Na classificação citada por Raij et al. (1997) os teores observados estão em nível considerado médio (5,0-8,0 mmol_c dm⁻³).

Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m não foram observadas diferenças significativas. Pode-se considerar como níveis médios, os teores encontrados nessas duas profundidades.

4.4.7. Acidez potencial (H+Al)

A acidez potencial (H+Al) não foi influenciada pelos tratamentos na camada de 0,0 - 0,05 m. Resultado contrário foi relatado por Almeida (2001) que encontrou diferença significativa da acidez potencial quando comparado o SPD e SPC mostrando uma redução em profundidade. Markert (2001) relata que quando comparou o sistema convencional com o plantio direto de 5 e de 10 anos mostraram um aumento da acidez no plantio direto quando comparado com o convencional.

Na camada de 0,05 - 0,10 m houve efeito significativo do manejo sobre os teores H+Al, onde a rotação de culturas proporcionou o maior valor (30,0 mmol_c dm⁻³). Na camada de 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m não se observou efeito significativo de nenhum tratamento.

4.4.8. Alumínio trocável (Al)

O teor de alumínio trocável na camada de 0,0 - 0,05 m, foi influenciado tanto pelos sistemas de preparo do solo quanto pelos manejos. O preparo convencional e a rotação proporcionaram os maiores valores (1,5 e 1,1 mmol_c dm⁻³) respectivamente. O fato de haver inversão de camadas durante o preparo convencional pode fazer com que o solo sob SPC apresente teores maiores de Al em relação ao SPD em camadas superficiais. Porém, esses teores encontrados são considerados baixos (0,0 - 3,0 mmol_c dm⁻³) por Lopes e Cox (1977). A interação sistemas de preparo do solo x manejo foi significativa para o teor de Al trocável. Na comparação dentro de sistemas de preparo, a rotação de culturas apresentou maiores teores de Al, no SPC. Entre os sistemas de preparo, o SPC apresentou os valores maiores de Al (Tabela 23).

Tabela 23. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x manejo, para os teores de Al trocável (mmol_c dm⁻³) no solo, na camada de 0,0 - 0,05 m. Selvíria - MS, 2007.

Prep/Manejos	Monocultura	Rotação
PC	0,9 Ab	2,1 Aa
PD	0,0 B	0,1 B

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Para as camadas de 0,05 - 0,10; 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m, os tratamentos não influenciaram os teores de Al trocável, porém mantiveram-se o preparo convencional e a rotação proporcionando maiores teores. Santos e Siqueira (1996) confirmam essa informação no trabalho onde utilizaram sistemas de rotação de culturas para cevada sob SPD e encontraram resultados

semelhantes. Já Heinrichs et al. (2005), em trabalho com adubos verdes, não constataram presença de Al trocável em nenhuma das camadas amostradas.

4.4.9. Soma de bases (SB)

A soma de bases na camada superficial não foi influenciada por nenhum dos tratamentos utilizados. Na camada de 0,05 - 0,10 m, a soma de bases foi influenciada pelas culturas de cobertura do solo, onde houve diferença somente entre crotalária ($12,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e área em pousio ($20,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Para as camadas de 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m não houve influência dos tratamentos, porém ocorreu uma diminuição dos valores de SB à medida que se aumentou a profundidade de amostragem.

4.4.10. Capacidade de troca catiônica (CTC ou T)

A capacidade de troca catiônica (CTC) não mostrou efeitos dos tratamentos em nenhuma das profundidades estudadas. Conforme Lopes e Cox (1977), a CTC pode ser considerada baixa ($0,0 - 25,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Os valores encontrados são semelhantes aos encontrados no trabalho de Muraishi (2006) em solos de cerrado.

4.4.11. Saturação por bases (V%)

A saturação por bases (V%) não foi influenciada pelos tratamentos na camada de 0,0 - 0,05 m. Para a camada de 0,05 - 0,10 m, houve efeito das culturas de cobertura (Tabela 16), onde a crotalária e o pousio foram diferentes entre-si, observando-se maior valor na área em pousio. Para as camadas de 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m não houve efeito de nenhum dos tratamentos, notando-se um decréscimo de saturação por bases em função da profundidade.

4.4.12. Enxofre (S)

Os teores de enxofre nas camadas de 0,0 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m não apresentaram diferença significativa entre si. Esses valores são considerados baixos ($< 5,0 \text{ mg dm}^{-3}$) para essa camada superficial, conforme relato de Sousa & Lobato (2004).

Para a camada de 0,10 - 0,20 m houve efeito de manejos, culturas de cobertura, interação entre sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura e manejo x culturas de cobertura. Dentre os manejos, a rotação de culturas foi a que proporcionou maior teor de S ($24,6 \text{ mg dm}^{-3}$). Dentre as culturas de cobertura a crotalária+milheto ($26,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) foi superior à crotalária, milheto e pousio.

Na Tabela 24 está o desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura, significativa para a camada de 0,10 - 0,20 m. Dentro de SPC, crotalária+milheto proporcionaram os maiores valores de S, diferindo das áreas em pousio, com crotalária ou milheto. Na comparação entre sistemas de preparo, apenas na área com crotalária+milheto se observou diferença significativa, apresentando o SPC valores mais elevados.

Na Tabela 25, observa-se a interação manejo x culturas de cobertura significativa para os teores de S na camada de 0,10-0,20 m. Na comparação entre sistemas de preparo do solo, na área com crotalária+milheto observaram-se os maiores teores quando houve rotação de culturas.

Para a camada de 0,20 - 0,40 m nenhum tratamento influenciou significativamente o teor de S. Observa-se que há um aumento nos teores de S em profundidade, ao contrário das demais características avaliadas.

Tabela 24. Desdobramento da interação sistemas de preparo do solo x culturas de cobertura, para os teores de S (mg dm^{-3}) na camada de 0,10 - 0,20 m. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
PC	40,5 Aa	19,0 b	19,5 b	13,7 b	25,7 ab
PD	11,5 B	4,0	4,0	2,7	7,2

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 25. Desdobramento da interação manejo x culturas de cobertura, para os teores de S (mg dm^{-3}) na camada de 0,10-0,20 m. Selvíria - MS, 2007.

Manejo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
Monocultura	10,2 B	5,0	4,5	2,7	2,2
Rotação	41,0 A	18,0	19,0	13,7	30,7

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.5. Teores foliares de nutrientes na cultura do milho

Na Tabela 26 estão as médias dos teores foliares de macronutrientes na cultura do milho, em função dos tratamentos utilizados. Apenas observou-se efeito dos sistemas de preparo do solo no teor de enxofre e dos manejos nos teores de fósforo e cálcio. Para o teor de nitrogênio não houve influência de nenhum dos tratamentos. Silva (2005) em trabalho com diferentes sistemas de preparo de solo e culturas de cobertura também não observou influência destes nos teores foliares de nitrogênio. Porém, é importante ressaltar que os teores observados encontram-se dentro da faixa considerada adequada (27,5 a 32,5 g kg^{-1}) por Malavolta et al. (1997).

Para os teores de fósforo houve influência dos manejos utilizados, onde o maior teor foi encontrado na área em monocultura. Porém, os teores estão dentro da faixa considerada adequada (1,9 a 3,5 g kg^{-1}) por Malavolta et al. (1997).

A interação sistemas de preparo do solo x manejo (Tabela 27) foi significativa para o teor foliar de P, onde o maior teor foi observado na área com monocultivo associado ao sistema preparo convencional. Conforme Fiorin (1999) espécies que possuam sistema radicular profundo e ramificado podem retirar nutrientes de camadas subsuperficiais e liberá-los gradualmente nas camadas superficiais durante o processo de decomposição de seus restos culturais. Pode-se levantar a hipótese de que o milho possua essa característica e quando em monocultura proporciona maior disponibilidade de P.

Os teores foliares de K e Mg não foram influenciados por nenhum dos tratamentos. Os teores de K estão abaixo da faixa adequada (17,5 a 29,7 g kg^{-1}), apesar dos teores no solo estarem dentro da faixa ideal. Já os teores de Mg se

encontram dentro da faixa adequada (1,5 a 4,0 g kg⁻¹) segundo Malavolta et al. (1997).

O teor de cálcio foi significativamente influenciado pelo manejo, onde a monocultura proporcionou maiores valores. Os teores de Ca se encontram acima da faixa considerada adequada (2,3 a 4,0 g kg⁻¹) segundo Malavolta et al. (1997).

O teor de enxofre somente foi influenciado pelos sistemas de preparo do solo, onde o preparo convencional proporcionou o maior teor. Na camada de 0,10 – 0,20m, também se observaram maiores teores de S quando se utilizou o sistema convencional de preparo do solo (Tabela 24), podendo isto ter proporcionado maior teor do elemento neste sistema de preparo do solo. Os teores foliares de S obtidos encontram-se dentro da faixa considerada adequada (1,5 a 2,1 g kg⁻¹) segundo Malavolta et al. (1997).

Tabela 26. Médias e coeficientes de variação para os teores foliares de macronutrientes (g kg⁻¹) no milho, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
PD	27,60	3,00	16,00	4,50	2,10	1,50 b
PC	28,60	3,20	16,80	4,40	1,90	1,70 a
Monocultura	27,30	3,20 a	17,00	4,70 a	1,90	1,60
Rotação	28,90	3,00 b	15,80	4,30 b	2,20	1,60
Crot/Milheto	27,60	3,20	16,30	4,50	1,90	1,61
Crotalária	29,20	3,10	16,20	4,30	2,10	1,63
Milheto	27,30	3,10	16,90	4,50	2,00	1,62
Pousio	27,90	3,10	15,70	4,50	1,90	1,60
Sorgo	28,40	3,10	17,00	4,60	2,00	1,63
CV (%)	9,34	11,9	1,47	5,26	5,17	10,54

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 27. Desdobramento da interação sistemas de preparo x manejo, para os teores foliares de fósforo (g kg^{-1}) na cultura do milho. Selvíria - MS, 2007.

Preparo/Manejos	Monocultura	Rotação
PC	3,40 Aa	3,00 b
PD	3,00 B	3,00

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

4.6. Características agrônômicas e produtividade do milho

Na Tabela 28 estão os valores de F e coeficientes de variação para as características agrônômicas, produtividade do milho e quantidade de matéria seca (palha) retornada ao solo com a colheita da cultura do milho.

Tabela 28. Valores de F e coeficientes de variação para população final, altura de planta, altura de espiga, matéria seca, massa de 100 grãos e produtividade de grãos na cultura do milho. Selvíria - MS, 2007.

Causas de Variação	Pop. Final	Alt. Planta	Alt. Espiga	Mat seca	100 grãos	Produtividade
Preparo	2,33 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,75 ^{ns}	70,60 *	7,50 ^{ns}
Manejo	6,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,84 ^{ns}	92,35 **	4,59 ^{ns}	3,35 ^{ns}
Preparo x Manejo	0,13 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,75 ^{ns}	11,12 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,42 ^{ns}
Cobertura	1,68 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,58 ^{ns}
Preparo x Cobertura	0,39 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,87 ^{ns}	3,63 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Manejo x Cobertura	2,06 ^{ns}	0,54 ^{ns}	8,56 **	6,39 *	0,10 ^{ns}	1,43 ^{ns}
Preparo x Manejo x Cobertura	0,42 ^{ns}	0,93 ^{ns}	6,13 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,39 ^{ns}
CV %	8,6	3,54	3,07	5,76	3,21	14,92

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

A população final, altura de planta e altura de espiga não foram influenciadas pelos tratamentos. A massa de 100 grãos foi influenciada pelos sistemas de preparo de solo, onde o SPD apresentou maior valor em relação ao SPC. Carvalho et al. (2004) relatam em seu trabalho que a população final de

plantas, altura de plantas e altura de inserção não foram influenciados pelas culturas de cobertura de solo e sistemas de preparo.

A produtividade de grãos do milho não foi influenciada significativamente pelos tratamentos, porém, Carvalho et al. (2004) observaram menores produtividades com a utilização do milheto como cultura de cobertura ou mantiveram a área em pousio. Alguns autores como Corrêa et al. (1986), Mascarenhas et al. (1993), em trabalho com rotação de culturas na região dos cerrados, também relataram maiores produtividade de milho em cultivos bienais ou trienais, em relação ao cultivo anual.

Tisdale et al. (1985) relatam que, em geral, em condições de alta produtividade, os resultados demonstram que os rendimentos de milho em sistema de monocultivo tem sido 15% inferiores, comparados aos rendimentos de grãos dessa gramínea dentro de sistemas de rotações de cultura. Segundo Guimarães (2000), do ponto de vista fitopatológico, o sistema plantio direto é dependente do uso de programas de rotação de culturas, principalmente por se fundamentar na permanência de restos culturais sobre a superfície do solo, favorecendo o desenvolvimento de patógenos de hábito necrotróficos.

De acordo com Santos et al. (2000), a rotação de culturas reduz os custos de produção das lavouras pelo aumento da produtividade dos grãos, diversificação de culturas e diminui o insucesso do agricultor. Além desses benefícios conservacionistas e econômicos, a rotação de culturas torna-se um requisito fundamental para a viabilização do plantio direto, pois a rotação com espécies não suscetíveis eliminam os inconvenientes em relação ao aumento de doenças por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais.

Segundo De-Polli e Chada (1989) deve ser considerado que a adição de material orgânico mediante a adubação verde proporciona modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Essa tendência de maior produtividade do milho proporcionada pela cobertura de crotalária em relação às demais coberturas, pode ser explicada pela capacidade que essa espécie tem de fixar N no solo para as culturas em sucessão como é o caso do milho.

Camargo e Piza (2007) salientam que o rendimento de grãos na maioria das culturas, sob diferentes manejos de solo depende, dentre outros fatores, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado fitossanitário da cultura. Por estas razões, tem sido

bastante variável na literatura, o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo. Na cultura do milho, os resultados referentes à forma de manejo do solo são também bastante diferenciados. Maiores rendimentos de milho no SPD, em relação a outros sistemas de manejo, foram relatados por Hernani e Salton (1997), Ismail et al. (1994), e menores por Oliveira et al. (1990), Balbino et al. (1994).

As produtividades obtidas, em média, estão próximas da média nacional obtida na safra 2007/08 (CONAB, 2009) que foi de 3.970 kg ha⁻¹. No entanto, estados como Goiás, Paraná e Santa Catarina, obtiveram na safra 2007/08, respectivamente 5.568, 5.158 e 5.713 kg ha⁻¹, valores estes bem superiores aos obtidos neste experimento.

Aratani (2003) chegou a obter 7.000 kg ha⁻¹ com plantio direto de milho sob palhada de braquiária ou milheto e aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, em experimento desenvolvido em Selvíria – MS, portanto, muito superior ao obtido neste experimento e Yano (2002) obteve produtividades de grãos de milho próximos a 5.000 kg ha⁻¹, avaliando diferentes sistemas de preparo do solo, em Selvíria – MS.

É importante salientar que no presente trabalho, durante a fase final de enchimento de grãos, houve falta de chuvas e má distribuição, o que proporcionou as baixas produtividades observadas, porém todos os tratamentos passaram por essa condição desfavorável de clima. Segundo Eck (1986), as fases mais sensíveis à deficiência hídrica na cultura do milho, em ordem decrescente, são: florescimento, enchimento de grãos e desenvolvimento vegetativo.

A produção de matéria seca da cultura do milho, representada pelo retorno de material ao solo após a colheita, foi influenciada pelos manejos, onde a área em monocultura produziu maior quantidade em relação à área com rotação de culturas (Tabela 29). Houve ainda interação significativa de manejo x culturas de cobertura, onde o pousio diferiu estatisticamente de crotalária+milheto, produzindo maior quantidade de matéria seca dentro do manejo com rotação (Tabela 30).

Tabela 29. Médias de população final (plantas ha⁻¹), altura de planta (m), altura de espiga (m), matéria seca (t ha⁻¹), peso de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) do milho, sob os diferentes tratamentos. Selvíria - MS, 2007.

Tratamentos	População final	Altura planta	Altura espiga	Matéria seca	Massa 100 grãos	Produtividade de grãos
PD	63921	1,83	1,01	8,50	25,40 a	3895
PC	59608	1,76	1,03	8,80	24,50 b	3131
Monocultura	60392	1,75	1,09	8,90 a	24,60	3840
Rotação	63137	1,78	1,07	8,40 b	25,30	3185
Crot/Milheto	59804	1,71	1,02	8,40	25,00	3632
Crotalária	64215	1,74	1,06	8,50	24,90	3727
Milheto	57353	1,85	1,08	8,90	24,40	3276
Pousio	62745	1,83	1,04	8,90	25,40	3245
Sorgo	64706	1,86	1,09	8,70	25,10	3683

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 30. Desdobramento da interação manejo x culturas de cobertura, para matéria seca restituída ao solo com a colheita do milho (t ha⁻¹). Selvíria - MS, 2007.

Manejo/Cobertura	Crot+Milheto	Crotalária	Milheto	Pousio	Sorgo
Monocultura	9,05	9,02	8,85	8,52	9,25
Rotação	7,75 b	7,97 ab	8,97 ab	9,30 a	8,25 ab

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Mello (2001) cita que a quantidade de massa seca de resíduos da ordem de 10,0 t ha⁻¹ é suficiente para suprir a quantidade de palha que deve ser adicionada anualmente à superfície do solo para que o plantio direto tenha plenas condições de manifestar seu potencial como sistema sustentável em regiões de

temperatura média anual alta com precipitações pluviométricas concentradas no verão.

Sendo assim, a média de resíduos de $8,65 \text{ t ha}^{-1}$ obtido com a colheita do milho no experimento, acrescida de $1,83 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabela 29) de massa seca da palha produzida pelas culturas de cobertura ou plantas daninhas da área em pousio, tem-se um total acima do valor estipulado por Mello (2001) como suficiente para a manutenção do sistema.

A taxa de decomposição dos resíduos orgânicos em regiões tropicais é alta, enquanto que, nas regiões frias se processa lentamente. Almeida (1984) cita que, como os resíduos de leguminosas apresentam uma relação C/N mais estreita que os resíduos de cereais, sua decomposição será mais rápida, necessitando de maior quantidade de palha para prolongar o período de cobertura do solo no plantio direto. Nesse sentido, a associação de crotalária + milheto pode ser viável, visando a fixação biológica de nitrogênio pela crotalária, e portanto, menor relação C/N e a situação contrária para o milheto, proporcionando um equilíbrio na decomposição dessa palhada. Deve-se citar também que ambas as culturas são adaptadas à condição de clima da região e com bom potencial para produção de palha.

Quanto à palhada de milho, Calegari et al. (1993) encontraram valores médios de carbono e nitrogênio total, assim como a relação C/N de 53:1, portanto, trata-se de uma cultura com alta produção de palha e relação C/N em sua palha considerada alta, podendo esta permanecer protegendo o solo por um longo período.

5. CONCLUSÕES

- O sistema de preparo de solo que favorece a produção de matéria seca pelas culturas de cobertura é o convencional;
- As maiores produções de matéria seca são obtidas com milheto e sorgo como coberturas de solo;
- Efeitos positivos nos atributos físicos do solo (macro, microporosidade e densidade do solo) são obtidos com adoção da rotação de culturas e/ou sistema convencional de preparo do solo;
- Os atributos químicos do solo tiveram uma redução após a adoção dos manejos (exceção ao teor de K);
- Maiores teores de M.O. são obtidos sob monocultura do milho aliado ao SPD;
- A produtividade de grãos não é influenciada pelos sistemas de preparo do solo, manejo da cultura e culturas de cobertura utilizadas.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E; RUEDELL, J; PETRERE, C; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

ALBUQUERQUE, J.A; SANGOI, L.; ENDER M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.3, p.717-723, 2001.

ALMEIDA, F.S. Desempenho da cobertura morta no plantio direto. In: CURSO INTENSIVO SOBRE PLANTIO DIRETO, 2., 1984, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos do Paraná/Núcleo regional de Ponta Grossa, 1984.

ALMEIDA, V.P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.1, p.25-36, 2001.

ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185, 1995.

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

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, n.1, p. 241-248, 2002.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, n.3, p.609-620, 2000.

ARATANI, R.G. **Culturas de cobertura e épocas de aplicação de nitrogênio para as culturas de milho e soja em plantio direto na região de cerrado**. 2003. 48f. Dissertação (Mestrado)— Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003. Área de Concentração: Sistemas de Produção.

ARF, O; SILVA, L.S; BUZETTI, S; ALVES, M.C; SÁ, M.E; RODRIGUES, R.A.R; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.

BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F.; RALISCH, R. Desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo roxo eutrófico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 1994. p.221.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York: J. Wiley C. Sons, 1972. 529p.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetados por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n.3, p.687-694, 1999.

BERTIN, E.G; ANDRIOLI, I; CAMIOTTI, F.; SILVA, A.R; MORAIS, M. Avaliação de plantas de cobertura utilizadas em pré-safra ao milho em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1CD-ROM.

BERTOL, I; ALBUQUERQUE, J.A; LEITE, D; AMARAL, A.J; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, n.1, p.155-163, 2004.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELUIS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.3, p.383–386, 1977.

BOUGLÉ, B.R; PEREIRA, L.R. Sistemas de produção de trigo-soja: informe preliminar sobre a evolução de algumas características do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Solos e Técnicas Culturais, Economia e Sanidade**, Passo Fundo, v.2, n.1, p.31-39, 1978.

BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M. (Ed.). **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.18-57. (ASAE Monograph, 4).

BRÁZ, A.J.B.P. **Fitomassa e decomposição de espécies de cobertura do solo e seus efeitos na resposta de feijoeiro e do trigo ao N**. 2003. 72f. Tese (Doutorado) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2003.

CALEGARI, A. et al. **Caracterização das principais espécies de adubo verde**. In: Calegari, A. et al. (Ed.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS/PTA, 1993. p.207-346.

CALEGARI, A. Rotação de culturas. In: GRUPO DE PLANTIO DIRETO(Org.). **Guia para plantio direto**. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p.69-78.

CAMARGO, R; PIZA, R.J. Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob sistema plantio direto no município de Passos-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.76-80, 2007.

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 do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CAMPOS, F.S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de um Latossolo vermelho degradado**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira. 2006.

CARVALHO, M.A.C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 2000. 187f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

CARVALHO, M.A.C; SORATTO, R.P; ATHAYDE, M.L.F; ARF, O; SÁ, M.E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

CASSOL, L.C; ANGHINONI, I. Alterações nas características de um Podzólico Vermelho-Escuro após quatro anos de cultivo nos sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p.1843-1844.

CASTRO FILHO, C., LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.1, p.45-51, 2002.

CASTRO, O.M. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ, 1989. p.129-139.

CATTELAN, A.J; GAUDÊNCIO, C.A.; SILVA, T. A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.293-301, 1997.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.263-266, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento de Safra Brasileira: grãos quinto levantamento, fevereiro/2009. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos_08.09.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2009.

CORÁ, J.E; FRANCESE, A.A; MARQUES JUNIOR, J; PEREIRA, G.T; FIÓRICO, P.R. Efeito de plantas de cobertura nas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico textura arenosa/média sob um pomar de citrus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p.2020-2022.

CORDEIRO, L.A.M. A importância da rotação de culturas no SPD. In: SEMINÁRIO SOBRE O SPD, 2., 1999, Viçosa. **Anais...** Universidade Federal de Viçosa, 1999, p.165-190.

CORRÊA, L.A; SILVA, A.F; CRUZ, J.C; SILVA, B.G; COELHO, A.M. Sistema de produção de milho em monocultivo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA-EMBRAPA. **Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa de milho e sorgo: 1980-1984.** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1986. p.99-101.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.287-293, 1989.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. Importância da rotação de culturas. In: DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Londrina: IAPAR, 1991. p.147-164.

DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.20, n.1, p.87-100, 1991.

ECK, H.U. Effects of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.6, p.1035-1040, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA- SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto.** Resumos de palestras. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p.39-55.

FRANÇA, A.F.S.; MADUREIRA, L.J. Avaliação de matéria seca, da composição mineral e da silagem do milheto forrageiro (*Pennisetum americanum*) (L.) K.

SCHUM). **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v.19, n.1, p.1-8, 1989.

FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.199-215.

GROTTA, D.C.C; FURLANI, C.E.A; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W. Cultura do milho em diferentes profundidades de deposição de adubo sobre duas culturas de cobertura. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.2, 2006.

GUIMARÃES, G.L. **Efeito de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas da soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000. 104f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2000.

HEINRICH, R; VITTI, G.C; MOREIRA, A; FIGUEIREDO, P.A.M.; FANCELLI, A.L; CORAZZA, E.J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.1, p.71-79, 2005.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. **Software HIBRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45p. (Área de Hidráulica e Irrigação. Série Irrigação, 1).

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. **Milho, informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1997. p.39-67. (Circular Técnica, 05).

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.232-267.

INFORZATO, R. Estudo do sistema radicular de *Tephrosia candida* D.C. **Bragantia**, Campinas, v.7, n.1, p.49-54, 1947.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science American Journal**, Madison, v.58, n.1, p.193-198, 1994.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia relação solo-planta**. São Paulo: Agroceres 1979. 264p.

KURIHARA, C.H; FABRÍCIO, A.C; PITOL, C; STAUT, L.A; KICHEL, A.N; MACEDO, M.C.M; ZIMMER, A.H.; WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J.C; HERNANI, L.C; FONTES, C.Z. **SPD**. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.135-144.

LARA CABEZAS, W.A.R; ALVES, B.J.R; CABALLERO, S.S.U; SANTANA, D.G de. Influence of the previous winter crop and nitrogen fertilization to corn productivity in no-tillage and conventional tillage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, 2004.

LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, n.4, p.742–747, 1977.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.71-75, 1987.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARCIANO, C.R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. 1999. 93f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MARKERT, R.C. **Efeitos do preparo sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho da região de cerrado**. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MASCARENHAS, H.A.A; NAGAI, V; GALLO, P.B; PEREIRA, J.C.V.N.A; TANAKA, R.T. Sistemas de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v.52, n.1, p.53-61, 1993.

MEDEIROS, J.C; MIELNICZUK, J.; PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.199-204, 1987.

MELLO, L.M.M. **Integração agricultura – pecuária em plantio direto**: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. Ilha Solteira, 2001. 72f. Tese (Livre – Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2001.

MIYASAKA, S. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas do Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.92, p.1-8, 2000. p.1-8. (Encarte Técnico).

MORETI, D. **Propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho cultivado com feijão e algodão, sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

MURAIISHI, C.T. **Modificações de propriedades químicas e agregação de um latossolo de cerrado sob sistemas de cultivo e adubações orgânica e/ou**

mineral. 2006. 104f. Tese (Doutorado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Atualização de plantio direto**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. p.147-160.

MUZILLI, O. Manejo de fertilidade do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1981. p.43-56. (IAPAR,23).

MUZULLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá de corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação em linha no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.3, n.69, p.22-28, 2002.

NUERNBERG, N.J; STAMMEL, J.G.; CABEDA, M.S.V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta Sul-Rio-Grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.185-190, 1986.

OHLAND, R.A.A; SOUZA, L.C.F; HERNANI, L.C; MARCHETTI, M.E; GONÇALVES, M.C.G. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.538-544, 2005.

OLIVEIRA, E.F.; BAIRRÃO, J.F.M.; CARRARO, I.M. **Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre algumas características físicas e rendimentos de grãos de soja e milho**. Cascavel: OCEPAR, 1990. 54 p. (Resultados da Pesquisa, 4).

OLIVEIRA, M.C., FREITAS, P.L. Plantio direto a caminho da sustentabilidade. **Direto no cerrado**, Brasília, v. 4, n. 12, p. 10, 1999.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1079-1087, 2002.

PELA, A. **Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal - SP**. 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal. 2002.

PITOL, C. O Milheto na integração agricultura-pecuária. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.76, p.8-9, 1996.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RAIJ, B. van. Soja e o desenvolvimento sustentável In: FUNDAÇÃO MATO GROSSO. **Boletim de pesquisa de soja 2006**. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2006. p.19-25.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANO, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).

REEVES, D.W. Soil management under no-tillage: Soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995. p.127-130.

RIBON, A.A. **Propriedades físicas de Latossolo e Podzólico cultivados com seringueira (*Hevea brasiliense*) submetidos a práticas de manejo no Planalto Ocidental Paulista**. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

ROMAN, E.S.; VELLOSO, J.A.R.O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: CNPT/FUNDACEP FECOTRIGO/Fundação Aldeia Norte, 1993. p.77-84.

ROTH, C.H.; CASTRO-FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.241-248, 1992.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134p.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição do solo**. Viçosa: SBCS, 1999. cap.2, p.267-319.

SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução do solo de um solo submetido ao sistema plantio direto**. 1994. 110f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **SPD**. Brasília: Embrapa- SPI, 1998. 248p.

SAMPAIO, G. V. **Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e**

químicas do solo. 1987. 121f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Campus UFV, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

SANTOS, H.P.; IGNACZACK, J.C.; LHAMBY, J.C.; BAIER, A.C. Conversão e balanço energético de sistemas de rotação de culturas para triticales, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.43–48, 2000.

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas em Guarapuava. XII. Efeitos de algumas culturas de inverno e de verão na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo, em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20.,1992, Piracicaba, **Resumos...** Piracicaba: SBCS, 1992. p.114-115.

SANTOS, H.P.; SIQUEIRA, O.J.W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.1, p.163-169, 1996.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.19, n.3, p.449-454, 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. **SAS/STAT procedure guide for personal computers.** 9.ed. Cary: SAS Inst, 1999. 334p.

SCALÉA, M.J. Plantio direto e rotação de culturas: benefícios que se somam. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.31, n.56, p.15-18, 2000.

SHEAR, G.M; MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and continuous tillage methods: a six-year comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, n.1, p.524-526, 1969.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de grãos de soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.103-106, 1983.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249–254, 1985.

SILVA, M.G. **Sucessão de culturas e preparo do solo no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro cultivado no período de inverno.** 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

SILVEIRA NETO, A.N.; SILVEIRA, P.M; STONE. L.F; OLIVEIRA, L.F.C. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.29-35, 2006.

SILVEIRA NETO, A.N; SILVEIRA, P.M; STONE, L.F; OLIVEIRA, L.F.C. Efeitos de manejo e rotação de culturas em atributos físicos do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p. 29-35, 2006.

SILVEIRA, P.M., ZIMMERMANN, F.J.P.; AMARAL, A.M. Efeito da sucessão de cultura e do preparo do solo sobre o rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.6, p.885-890, 1998.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.G.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN; F.J.P. Alterações na densidade e na macroporosidade de um Latossolo Vermelho-Escuro causadas pelo sistema de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.29, n.2, p.145-149, 1999.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N; CARMONA, R; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, 2004.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com N. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.129-145.

SOUSA, D.M.G; LOBATO, E; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção de solo e adubação**. Brasília: Terra Viva, 2004. cap. 6, p.147-167.

STALEY, T.E.; BOYER, D.G. Short-term carbon, nitrogen and pH alterations in a hill-land Ultisol under maize silage relative to tillage method. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.42, n.1/2, p.115–126, 1997.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

STONE, L.F; GUIMARÃES, C.M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16. ISSN 1678-9571).

SUZUKI, L.A.S; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.121-127, 2006.

TAKIZAWA, E. K. Manejo da cultura do algodão no SPD (SPD): aspectos teóricos e científicos do plantio direto (PD) com enfoque em algodão. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7., 2003, Sorriso. **Palestras... Sorriso**: Associação de Plantio Direto no Cerrado, 2003. 1CD-ROM.

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology**: the physics of irrigated and nonirrigated soils. San Francisco: Freeman, 1972. 532p.

TEIXEIRA, C.F.A; PAULETTO, E.A; SILVA, J.B. Resistência mecânica à penetração de um argissolo amarelo distrófico típico sob diferentes sistemas de

produção em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6. p.1165-1167, 2003.

THEISEN, G.; VIDAL, R.A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.2, p.189-196, 1999.

TISDALE, S.L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mc Millan, 1985. 754p.

UEMURA, Y.; URBEN FILHO, G.; MARTINS NETTO, D.A. Pearl millet as a cover crop for no-till soybean production in Brazil. **International Sorghum and Millets Newsletter**, Patancheru, v.38, n.1, p. 141-143, 1997.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n7, p.873-882, 1984.

YANO, E.H. **Sistemas integrados de produção**: manejo do solo, culturas de inverno e verão. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2002. Área de Concentração: Sistemas de Produção.